

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6479178号
(P6479178)

(45) 発行日 平成31年3月6日(2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日(2019.2.15)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4N	5/232	(2006.01)	HO4N	5/232	290
GO6T	1/00	(2006.01)	HO4N	5/232	990
GO2B	21/36	(2006.01)	GO6T	1/00	460D
			GO2B	21/36	

請求項の数 14 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2017-521481 (P2017-521481)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年6月5日(2015.6.5)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/066406		東京都八王子市石川町2951番地
(87) 国際公開番号	W02016/194234	(74) 代理人	100089118
(87) 国際公開日	平成28年12月8日(2016.12.8)		弁理士 酒井 宏明
審査請求日	平成29年11月24日(2017.11.24)	(72) 発明者	古賀 隼一
			東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内
		審査官	藤原 敬利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、

前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第1の平坦度を算出すると共に、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第2の平坦度を算出する平坦度算出部と、

前記第1及び第2の平坦度に基づき、画像内でシェーディング成分の勾配が最小である位置を含む領域を平坦領域として検出する平坦領域検出部と、

画像内のシェーディングを補正するための補正ゲインを、前記共通領域における輝度比を用い、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出する補正ゲイン算出部と、を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記補正ゲイン算出部が算出した前記補正ゲインを用いて、前記第1及び第2の画像群に含まれる少なくとも1つの画像にシェーディング補正を施す画像補正部をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

10

20

前記補正ゲイン算出部は、

前記第 1 の画像群に含まれる前記 2 つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第 1 の方向において前記第 1 及び第 2 の平坦度を加算合成した平坦度が最小である位置を基準とした場合の第 1 の補正ゲインを算出する第 1 補正ゲイン算出部と、

前記第 2 の画像群に含まれる前記 2 つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第 2 の方向において前記第 1 及び第 2 の平坦度を加算合成した平坦度が最小である位置を基準とした場合の第 2 の補正ゲインを算出する第 2 補正ゲイン算出部と、

前記第 1 及び第 2 の補正ゲインを用いて、前記平坦領域の補正ゲインを基準とした場合の補正ゲインを算出する正規化補正ゲイン算出部と、
を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 4】

前記第 1 補正ゲイン算出部は、前記第 1 の方向に画素が並んだ各行に対し、前記第 1 の補正ゲインを算出し、

前記第 2 補正ゲイン算出部は、前記第 2 の方向に画素が並んだ各列に対し、前記第 2 の補正ゲインを算出する、
ことを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記正規化補正ゲイン算出部は、

前記平坦領域を含む列における前記第 1 の補正ゲインを基準として、前記各行における前記第 1 の補正ゲインを正規化し、該正規化された前記第 1 の補正ゲインと、前記平坦領域を含む前記列における前記第 2 の補正ゲインとを用いて、前記平坦領域を基準とした場合の第 1 の正規化補正ゲインを算出する第 1 の処理と、

20

前記平坦領域を含む行における前記第 2 の補正ゲインを基準として、前記各列における前記第 2 の補正ゲインを正規化し、該正規化された前記第 2 の補正ゲインと、前記平坦領域を含む前記行における前記第 1 の補正ゲインとを用いて、前記平坦領域を基準とした場合の第 2 の正規化補正ゲインを算出する第 2 の処理と、
のうちの少なくとも一方を実行する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記正規化補正ゲイン算出部は、前記第 1 及び第 2 の処理の両方を実行し、さらに、同一の領域に対して算出された前記第 1 及び第 2 の正規化補正ゲインを合成する、ことを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

30

【請求項 7】

前記補正ゲイン算出部は、

前記第 1 の画像群に含まれる前記 2 つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第 1 の方向において画像を分割して得られる複数の列の各々において、前記平坦領域を含む列を基準とした場合の第 1 の補正ゲインを算出する第 1 補正ゲイン算出部と、

前記第 2 の画像群に含まれる前記 2 つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第 2 の方向において画像を分割して得られる複数の行の各々において、前記平坦領域を含む行を基準とした場合の第 2 の補正ゲインを算出する第 2 補正ゲイン算出部と、

40

前記第 1 及び第 2 の補正ゲインを用いて、前記平坦領域の補正ゲインを基準とした場合の補正ゲインを算出する正規化補正ゲイン算出部と、
を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記第 1 補正ゲイン算出部は、前記平坦領域を中心に、前記第 1 の方向における前記 2 つの画像間のずれ量の間隔で前記画像を分割し、

前記第 2 補正ゲイン算出部は、前記平坦領域を中心に、前記第 2 の方向における前記 2 つの画像間のずれ量の間隔で前記画像を分割する、
ことを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

50

前記補正ゲイン算出部は、

前記第1及び第2の平坦度を加算合成した平坦度の最小値が閾値以下であるか否かを判定する判定部と、

前記第1及び第2の平坦度を加算合成した平坦度の最小値が閾値よりも大きい場合に、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出された前記補正ゲインに対して平滑化処理を施す平滑化処理部と、

を備えることを特徴とする請求項1又は2に記載の画像処理装置。

【請求項10】

前記平滑化処理部は、前記第1及び第2の平坦度を加算合成した平坦度の最小値に基づいて、前記平滑化処理におけるパラメータを変更する、ことを特徴とする請求項9に記載の画像処理装置。

10

【請求項11】

請求項1～10のいずれか1項に記載の画像処理装置と、

前記被写体の像を結像する光学系と、

前記被写体と前記光学系との少なくとも一方を移動させることにより、前記被写体に対する前記光学系の視野を移動させる移動手段と、

前記光学系が結像した前記被写体の像を撮像する撮像手段と、
を備え、

前記画像取得部は、前記移動手段に前記視野を前記第1及び第2の方向にそれぞれ移動させながら、前記撮像手段に撮像を実行させる制御を行うことにより、前記第1及び第2の画像群をそれぞれ取得する、

20

ことを特徴とする撮像装置。

【請求項12】

請求項11に記載の撮像装置と、

前記被写体を載置するステージと、

を備え、

前記移動手段は、前記ステージと前記光学系との少なくとも一方を移動させる、ことを特徴とする顕微鏡システム。

【請求項13】

互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得ステップと、

30

前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第1の平坦度を算出すると共に、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第2の平坦度を算出する平坦度算出ステップと、

前記第1及び第2の平坦度に基づき、画像内でシェーディング成分の勾配が最小である位置を含む領域を平坦領域として検出する平坦領域検出ステップと、

画像内のシェーディングを補正するための補正ゲインを、前記共通領域における輝度比を用い、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出する補正ゲイン算出ステップと、

40

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項14】

互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得ステップと、

前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第1の平坦度を算出すると共に、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2

50

の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第2の平坦度を算出する平坦度算出ステップと、

前記第1及び第2の平坦度に基づき、画像内でシェーディング成分の勾配が最小である位置を含む領域を平坦領域として検出する平坦領域検出ステップと、

画像内のシェーディングを補正するための補正ゲインを、前記共通領域における輝度比を用い、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出する補正ゲイン算出ステップと、

をコンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、標本等の被写体を撮像した画像に画像処理を施す画像処理装置、撮像装置、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、スライドガラス上に載置された標本を撮像した画像を電子データとして記録し、モニタ上においてユーザが画像を観察する技術が用いられている。そのような技術の1つとして、顕微鏡により拡大された標本の一部の画像を順次貼り合わせることにより、標本全体が写った高解像度の画像を構築する、バーチャルスライド技術と呼ばれる技術が知られている。バーチャルスライド技術は、同一被写体に対して異なる視野の画像を複数枚取得し、これらの画像をつなぎ合わせることで、被写体に対する視野を拡大した画像を生成する技術である。

20

【0003】

ところで、顕微鏡は、標本を照明する光源及び標本の像を拡大する光学系を備える。この光学系の後段には、拡大された標本の像を電子的なデータに変換する撮像素子が設けられる。このため、光源の照度ムラや光学系の不均一性、さらには、撮像素子の特性のムラ等に起因して、取得した画像に明度ムラが発生するという問題がある。この明度ムラはシェーディングと呼ばれ、通常、光学系の光軸の位置に対応する画像の中心から遠ざかるに従って暗くなる。そのため、複数の画像を貼り合わせてバーチャルスライド画像を作成する場合、画像のつなぎ目に不自然な境界が生じてしまう。また、複数の画像を貼り合わせる

30

【0004】

このような問題に対し、シェーディングのパターンを較正画像として予め取得し、該較正画像に基づいて、標本が写った画像を補正するシェーディング補正技術が知られている。例えば特許文献1には、試料の所定視野範囲の画像である基準視野画像を撮像すると共に、試料の位置を光学系に対して相対的に移動させて、所定視野範囲内の所定領域を含み、所定視野範囲と互いに異なる周辺視野範囲の画像である周辺視野画像を複数撮像し、基準視野画像と周辺視野画像とに基づいて基準視野画像の各画素における補正ゲインを算出し、シェーディング補正を行う技術が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-257422号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1においては、顕微鏡の光軸が画像の中心と一致しており、画像の中心は画像内で最も明るい領域であるためシェーディングは発生していないという前提で処理を行っている。しかし、実際には、顕微鏡システムの製造誤差や組立誤差により、顕微鏡の光軸

50

が画像の中心と一致しない場合がある。このような場合、画像の中心と異なる位置が画像内で最も明るくなる。また、顕微鏡の光軸が画像の中心と一致している場合であっても、光源の芯位置が顕微鏡の光軸に対してずれている場合には、やはり、画像の中心と異なる位置が最も明るくなってしまふ。これらの場合、画像の中心にもシェーディングが発生してしまうため、画像全体のシェーディング補正精度が低下してしまうという問題が生じる。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、画像の中心にシェーディングが発生している場合であっても、高精度なシェーディング補正を行うことができる画像処理装置、撮像装置、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラム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】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る画像処理装置は、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得部と、前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第1の平坦度を算出すると共に、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第2の平坦度を算出する平坦度算出部と、前記第1及び第2の平坦度に基づき、画像内でシェーディング成分の勾配が最小である位置を含む領域を平坦領域として検出する平坦領域検出部と、画像内のシェーディングを補正するための補正ゲインを、前記共通領域における輝度比を用い、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出する補正ゲイン算出部と、を備えることを特徴とする。

20

【0009】

上記画像処理装置は、前記補正ゲイン算出部が算出した前記補正ゲインを用いて、前記第1及び第2の画像群に含まれる少なくとも1つの画像にシェーディング補正を施す画像補正部をさらに備えることを特徴とする。

【0010】

上記画像処理装置において、前記補正ゲイン算出部は、前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向において前記平坦度が最小である位置を基準とした場合の第1の補正ゲインを算出する第1補正ゲイン算出部と、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向において前記平坦度が最小である位置を基準とした場合の第2の補正ゲインを算出する第2補正ゲイン方向補正ゲイン算出部と、前記第1及び第2の補正ゲインを用いて、前記平坦領域の補正ゲインを基準とした場合の補正ゲインを算出する正規化補正ゲイン算出部と、を備えることを特徴とする。

30

【0011】

上記画像処理装置において、前記第1補正ゲイン算出部は、前記第1の方向に画素が並んだ各行に対し、前記第1の補正ゲインを算出し、前記第2補正ゲイン算出部は、前記第2の方向に画素が並んだ各列に対し、前記第2の補正ゲインを算出する、ことを特徴とする。

40

【0012】

上記画像処理装置において、正規化補正ゲイン算出部は、前記平坦領域を含む列における前記第1の補正ゲインを基準として、前記各行における前記第1の補正ゲインを正規化し、該正規化された前記第1の補正ゲインと、前記平坦領域を含む前記列における前記第2の補正ゲインとを用いて、前記平坦領域を基準とした場合の第1の正規化補正ゲインを算出する第1の処理と、前記平坦領域を含む行における前記第2の補正ゲインを基準として、前記各列における前記第2の補正ゲインを正規化し、該正規化された前記第2の補正

50

ゲインと、前記平坦領域を含む前記行における前記第1の補正ゲインとを用いて、前記平坦領域を基準とした場合の第2の正規化補正ゲインを算出する第2の処理と、のうちの少なくとも一方を実行する、ことを特徴とする。

【0013】

上記画像処理装置において、正規化補正ゲイン算出部は、前記第1及び第2の処理の両方を実行し、さらに、同一の領域に対して算出された前記第1及び第2の正規化補正ゲインを合成する、ことを特徴とする。

【0014】

上記画像処理装置において、前記補正ゲイン算出部は、前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向において画像を分割して得られる複数の列の各々において、前記平坦領域を含む列を基準とした場合の第1の補正ゲインを算出する第1補正ゲイン算出部と、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向において画像を分割して得られる複数の行の各々において、前記平坦領域を含む行を基準とした場合の第2の補正ゲインを算出する第2補正ゲイン算出部と、前記第1及び第2の補正ゲインを用いて、前記平坦領域の補正ゲインを基準とした場合の補正ゲインを算出する正規化補正ゲイン算出部と、を備えることを特徴とする。

【0015】

上記画像処理装置において、前記第1補正ゲイン算出部は、前記平坦領域を中心に、前記第1の方向における前記2つの画像間のずれ量の間隔で前記画像を分割し、前記第2補正ゲイン算出部は、前記平坦領域を中心に、前記第2の方向における前記2つの画像間のずれ量の間隔で前記画像を分割する、ことを特徴とする。

【0016】

上記画像処理装置において、前記補正ゲイン算出部は、前記平坦度の最小値が閾値以下であるか否かを判定する判定部と、前記平坦度の最小値が閾値よりも大きい場合に、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出された前記補正ゲインに対して平滑化処理を施す平滑化処理部と、を備えることを特徴とする。

【0017】

上記画像処理装置において、前記平滑化処理部は、前記平坦度の最小値に基づいて、前記平滑化処理におけるパラメータを変更する、ことを特徴とする。

【0018】

本発明に係る撮像装置は、前記画像処理装置と、前記被写体の像を結像する光学系と、前記被写体と前記光学系との少なくとも一方を移動させることにより、前記被写体に対する前記光学系の視野を移動させる移動手段と、前記光学系が結像した前記被写体の像を撮像する撮像手段と、を備え、前記画像取得部は、前記移動手段に前記視野を前記第1及び第2の方向にそれぞれ移動させながら、前記撮像手段に撮像を実行させる制御を行うことにより、前記第1及び第2の画像群をそれぞれ取得する、ことを特徴とする。

【0019】

本発明に係る顕微鏡システムは、前記撮像装置と、前記被写体を載置するステージと、を備え、前記移動手段は、前記ステージと前記光学系との少なくとも一方を移動させる、ことを特徴とする。

【0020】

本発明に係る画像処理方法は、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得ステップと、前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第1の平坦度を算出すると共に、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第2の平坦度を算出する平坦度算出ステップと、前記第1及び第2の平坦度に基づき、画像内でシェーディング成分の勾配が最小である位置を含む領域を平坦領

10

20

30

40

50

域として検出する平坦領域検出ステップと、画像内のシェーディングを補正するための補正ゲインを、前記共通領域における輝度比を用い、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出する補正ゲイン算出ステップと、を含むことを特徴とする。

【0021】

本発明に係る画像処理プログラムは、互いに異なる第1及び第2の方向のそれぞれにおいて、一方の画像が他方の画像との間で被写体の一部が共通する共通領域を有する2つの画像を含む第1及び第2の画像群を取得する画像取得ステップと、前記第1の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第1の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第1の平坦度を算出すると共に、前記第2の画像群に含まれる前記2つの画像間の前記共通領域の輝度比に基づき、前記第2の方向におけるシェーディング成分の勾配を表す第2の平坦度を算出する平坦度算出ステップと、前記第1及び第2の平坦度に基づき、画像内でシェーディング成分の勾配が最小である位置を含む領域を平坦領域として検出する平坦領域検出ステップと、画像内のシェーディングを補正するための補正ゲインを、前記共通領域における輝度比を用い、前記平坦領域における補正ゲインを基準として算出する補正ゲイン算出ステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、第1及び第2の方向の双方においてシェーディング成分の勾配が最小となる領域を平坦領域として検出し、この平坦領域における補正ゲインを基準とした場合の画像内の各領域における補正ゲインを算出するので、画像の中心にシェーディングが発生している場合であっても、高精度なシェーディング補正を行うことが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】図2は、被写体の撮像方法を説明するための模式図である。

【図3】図3は、被写体の撮像方法を説明するための模式図である。

【図4】図4は、図1に示す画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】図5は、視野をずらして撮像した画像を示す図である。

30

【図6】図6は、水平及び垂直の各方向における平坦度の分布を示す図である。

【図7】図7は、平坦領域の検出処理を説明するための模式図である。

【図8】図8は、方向別の補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。

【図9】図9は、方向別の補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。

【図10】図10は、補正ゲインの正規化処理を説明するための模式図である。

【図11】図11は、方向別の補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。

【図12】図12は、水平方向における補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。

【図13】図13は、垂直方向における補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。

40

【図14】図14は、補正ゲインの正規化処理を説明するための模式図である。

【図15】図15は、補正ゲインの正規化処理を説明するための模式図である。

【図16】図16は、図5に示す画像から検出した平坦領域における補正ゲインを基準として作成した補正ゲインマップを示す図である。

【図17】図17は、図5に示す画像の中心における補正ゲインを基準として作成した補正ゲインマップを示す図である。

【図18】図18は、本発明の実施の形態2の変形例2-2における補正ゲインの算出方法を説明するための模式図である。

【図19】図19は、本発明の実施の形態3に係る画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

50

【図 20】図 20 は、平坦領域の中心が画像内に存在しない場合における平坦度マップを示す図である。

【図 21】図 21 は、図 20 に示す平坦度マップをもとに作成した補正ゲインマップを示す図である。

【図 22】図 22 は、図 20 に示す平坦度マップをもとに作成し、さらに平滑化処理を施した補正ゲインマップを示す図である。

【図 23】図 23 は、本発明の実施の形態 4 に係る顕微鏡システムの構成例を示す図である。

【図 24】図 24 は、図 23 に示す顕微鏡システムにおける画像の取得動作を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明に係る画像処理装置、撮像装置、顕微鏡システム、画像処理方法、及び画像処理プログラムの実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、これらの実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、各図面の記載において、同一部分には同一の符号を附して示している。

【0025】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る画像処理装置の構成例を示すブロック図である。図 1 に示すように、実施の形態 1 に係る画像処理装置 1 は、観察対象である被写体が写った画像を取得する画像取得部 11 と、該画像に画像処理を施す画像処理部 12 と、記憶部 13 とを備える。

【0026】

画像取得部 11 は、撮像視野が互いに異なる複数の画像を取得する。画像取得部 11 は、当該画像処理装置 1 に接続された撮像装置から複数の画像を直接取得しても良いし、ネットワークや記憶装置等を介して複数の画像を取得しても良い。実施の形態 1 においては、撮像装置から画像を直接取得するものとする。なお、撮像装置の種類は特に限定されず、例えば、撮像機能を備えた顕微鏡装置であっても良いし、デジタルカメラであっても良い。

【0027】

図 2 及び図 3 は、画像取得部 11 の動作を説明するための模式図であり、被写体 S P と、撮像装置を備え、被写体 S P の像を結像する光学系 30 と、光学系 30 の撮像視野 V とを示している。図 2 及び図 3 においては、被写体 S P における撮像視野 V の位置や撮像方法をわかり易くするため、被写体 S P 及び撮像視野 V の紙面手前から光学系 30 の位置をずらし、被写体 S P の外側に光学系 30 の側面を図示して撮像視野 V との位置関係を示している。以下においては、撮像視野 V を含む平面において、該撮像視野 V の 1 つの辺と平行な方向を水平方向とし、該 1 つの辺と直交する方向を垂直方向とする。

【0028】

画像取得部 11 は、撮像装置の撮像動作を制御する撮像制御部 111 と、被写体 S P に対して撮像視野 V の位置を変化させる制御を行う駆動制御部 112 とを備える。駆動制御部 112 は、光学系 30 と被写体 S P とのいずれか又は両方を相対的に移動させることにより、被写体 S P に対する撮像視野 V の位置を変化させる。図 2 は、光学系 30 を水平方向に移動させる場合を示し、図 3 は、光学系 30 を垂直方向に移動させる場合を示している。撮像制御部 111 は、駆動制御部 112 の制御動作と連動して、所定のタイミングで撮像装置に撮像を実行させ、該撮像装置から撮像視野 V 内の被写体が写った画像 M1、M2、... を取り込む。

【0029】

本実施の形態 1 においては、互いに直交する水平方向及び垂直方向の 2 方向に撮像視野 V を移動させる例を説明するが、撮像視野 V の移動方向は、互いに異なる 2 方向であれば、水平方向及び垂直方向に限定されない。また、撮像視野 V を移動させる 2 方向は、必ず

10

20

30

40

50

しも直交している必要はない。以下、画像 M 1、M 2、... 内の各画素の位置を (x , y) と記す。

【 0 0 3 0 】

画像処理部 1 2 は、画像取得部 1 1 が取得した複数の画像を用いて、画像に生じているシェーディングを補正する画像処理を実行する。詳細には、画像処理部 1 2 は、画像内に生じているシェーディングの勾配である平坦度を算出する平坦度算出部 1 2 1 と、シェーディングがほとんど生じておらず、シェーディング成分の勾配が最小である平坦領域を画像内から検出する平坦領域検出部 1 2 2 と、画像内の各位置におけるシェーディングを補正するための補正ゲインを算出する補正ゲイン算出部 1 2 3 と、シェーディング補正を行う画像補正部 1 2 4 とを備える。以下、シェーディングを補正するための補正ゲインのこと

10

【 0 0 3 1 】

平坦度算出部 1 2 1 は、第 1 平坦度算出部 1 2 1 a 及び第 2 平坦度算出部 1 2 1 b を備える。ここで、平坦度とは、隣接する画素間或いは数画素離れた画素間におけるシェーディング成分の勾配を表す指標である。第 1 平坦度算出部 1 2 1 a は、被写体 S P に対する撮像視野 V を水平方向 (第 1 の方向) に移動させることにより取得された 2 つの画像 M 1、M 2 (第 1 の画像群、図 2 参照) から、水平方向における平坦度を算出する。一方、第 2 平坦度算出部 1 2 1 b は、被写体 S P に対する撮像視野 V を垂直方向 (第 2 の方向) に移動させることにより取得された 2 つの画像 M 2、M 3 (第 2 の画像群、図 3 参照) から、垂直方向における平坦度を算出する。

20

【 0 0 3 2 】

平坦領域検出部 1 2 2 は、平坦度算出部 1 2 1 が算出した水平方向及び垂直方向における平坦度に基づいて、画像内でシェーディングがほとんど生じておらず、シェーディング成分の変化がほとんど見られない領域を検出する。以下、このような領域のことを平坦領域という。

【 0 0 3 3 】

補正ゲイン算出部 1 2 3 は、第 1 補正ゲイン算出部 1 2 3 a、第 2 補正ゲイン算出部 1 2 3 b と、正規化補正ゲイン算出部 1 2 3 c とを備える。

【 0 0 3 4 】

第 1 補正ゲイン算出部 1 2 3 a は、水平方向における共通領域、即ち、画像 M 1、M 2 間の共通領域における輝度比を用いて、平坦領域を含む画素の列又は平坦領域を含む小区画の列の輝度を基準とする補正ゲインを算出する。

30

【 0 0 3 5 】

第 2 補正ゲイン算出部 1 2 3 b は、垂直方向における共通領域、即ち、画像 M 2、M 3 間の共通領域における輝度比を用いて、平坦領域を含む画素の行又は平坦領域を含む小区画の行の輝度を基準とする補正ゲインを算出する。

【 0 0 3 6 】

正規化補正ゲイン算出部 1 2 3 c は、第 1 補正ゲイン算出部 1 2 3 a 及び第 2 補正ゲイン算出部 1 2 3 b がそれぞれ算出した補正ゲインを用いて、平坦領域を基準とした場合の該平坦領域以外の画素又は小区画における補正ゲインを算出する。

40

【 0 0 3 7 】

画像補正部 1 2 4 は、補正ゲイン算出部 1 2 3 が算出した各画素における補正ゲインを用いて、画像取得部 1 1 が取得した画像 M 1、M 2、... のうちの少なくともいずれかに対してシェーディング補正を行う。或いは、画像 M 1 ~ M 3 と同じ環境の下で上記光学系 3 0 を介して撮像された画像をシェーディング補正しても良い。

【 0 0 3 8 】

記憶部 1 3 は、更新記録可能なフラッシュメモリ、RAM、ROM といった半導体メモリ、ハードディスク、MO、CD-R、DVD-R 等の記録媒体及び該記録媒体に対して情報の書き込み及び読み取りを行う書込読取装置等の記憶装置によって構成される。記憶部 1 3 は、画像取得部 1 1 が撮像装置の制御に用いる種々のパラメータや、画像処理部 1

50

2により画像処理が施された画像の画像データや、画像処理部12が算出した種々のパラメータ等を記憶する。

【0039】

上記画像取得部11及び画像処理部12は、CPU (Central Processing Unit) 等の汎用プロセッサやASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の特定の機能を実行する各種演算回路等の専用プロセッサを用いて構成される。画像取得部11及び画像処理部12が汎用プロセッサである場合、記憶部13が記憶する各種プログラムを読み込むことによって画像処理装置1を構成する各部への指示やデータの転送等を行い、画像処理装置1全体の動作を統括して制御する。また、画像取得部11及び画像処理部12が専用プロセッサである場合、プロセッサが単独で種々の処理を実行しても良いし、

10

【0040】

次に、画像処理装置1の動作を説明する。図4は、画像処理装置1の動作を示すフローチャートである。以下においては、一例として、図2に示す被写体SPが写った画像M1~M3を取得し、該画像に対して補正処理を行うこととする。

【0041】

まず、ステップS1において、画像取得部11は、撮像視野Vを互いに異なる2つの方向に所定量ずつ移動させて被写体SPを撮像することにより生成された複数の画像を取得する。詳細には、駆動制御部112が、被写体SPと光学系30とのいずれかを移動させることにより撮像視野Vを所定方向に移動させ、撮像制御部111が、撮像視野Vの移動方向において、他の1枚の画像との間で撮像視野Vの一部が重なるように制御を行う。具体的には、図2に示すように、撮像視野Vを水平方向に幅 B_x 分だけずらした画像M1、M2と、撮像視野Vを垂直方向に幅 B_y 分だけずらした画像M2、M3とを取得する。なお、幅(画像間のずれ量) B_x 、 B_y は、画素数によって表される。

20

【0042】

図5は、撮像視野Vを水平方向にずらして撮像した画像M1、M2を示す図である。画像M1、M2の間では、画像M1の左端の幅 B_x を除く領域と、画像M2の右端の幅 B_x を除く領域が、テクスチャ成分が共通する共通領域Cとなる。以下、画像M1内の各画素の輝度を $I_1(x, y)$ 、この輝度 $I_1(x, y)$ を構成するテクスチャ成分を $T_1(x, y)$ 、水平方向におけるシェーディング成分を $Sh(x, y)$ と記す。同様に、画像M2内の各画素の画素値(輝度)を $I_2(x, y)$ 、この輝度 $I_2(x, y)$ を構成するテクスチャ成分を $T_2(x, y)$ 、シェーディング成分を $Sh(x, y)$ と記す。つまり、輝度 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ はそれぞれ、次式(1)、(2)によって与えられる。

30

$$I_1(x, y) = T_1(x, y) \times Sh(x, y) \quad \dots (1)$$

$$I_2(x, y) = T_2(x, y) \times Sh(x, y) \quad \dots (2)$$

【0043】

続くステップS2において、平坦度算出部121は、水平及び垂直の方向別の平坦度を算出する。

【0044】

図5に示すように、画像M1、M2の間で撮像視野Vが水平方向に幅 B_x だけずれている場合、画像M1内の画素 (x, y) と画像M2内の画素 $(x - B_x, y)$ の間ではテクスチャ成分 $T_1(x, y)$ 、 $T_2(x - B_x, y)$ が共通となる。従って、次式(3)が成り立つ。

40

【数1】

$$T_1(x, y) = T_2(x - B_x, y) = \frac{I_1(x, y)}{Sh(x, y)} = \frac{I_2(x - B_x, y)}{Sh(x - B_x, y)} \quad \dots (3)$$

【0045】

50

つまり、テクスチャ成分 $T_1(x, y)$ 、 $T_2(x - B_x, y)$ が共通である画素の輝度比は、水平方向において幅 B_x だけ離れた画素間におけるシェーディング成分 Sh の比を表す。そこで、本実施の形態 1 においては、次式 (4) に示すように、水平方向において幅 B_x だけ離れた画素間におけるシェーディング成分 Sh の比の対数を取り、この対数の絶対値を、水平方向における平坦度 $Flat_h$ として算出する。

【数 2】

$$\begin{aligned} Flat_h &= Abs \left\{ \log \left(\frac{I_1(x, y)}{I_2(x - B_x, y)} \right) \right\} \\ &= Abs \left\{ \log \left(\frac{T \times Sh(x, y)}{T \times Sh(x - B_x, y)} \right) \right\} \quad \dots(4) \\ &= Abs \{ \log(Sh(x, y)) - \log(Sh(x - B_x, y)) \} \end{aligned}$$

【0046】

同様に、次式 (5) に示すように、垂直方向において幅 B_y だけ離れた画素間におけるシェーディング成分 Sv の比の対数の絶対値を、垂直方向における平坦度 $Flat_v$ として算出する。

【数 3】

$$\begin{aligned} Flat_v &= Abs \left\{ \log \left(\frac{I_2(x, y)}{I_3(x, y - B_y)} \right) \right\} \\ &= Abs \left\{ \log \left(\frac{T \times Sv(x, y)}{T \times Sv(x, y - B_y)} \right) \right\} \quad \dots(5) \\ &= Abs \{ \log(Sv(x, y)) - \log(Sv(x, y - B_y)) \} \end{aligned}$$

【0047】

なお、後述するように、平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ は、画像内でシェーディング成分の勾配が相対的に小さい領域を探索するために算出するものなので、式 (4)、(5) において用いる対数は、自然対数及び常用対数のいずれであっても良い。

【0048】

図 6 は、式 (4)、(5) により算出された平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ を画素値として作成した平坦度マップであり、水平及び垂直の各方向における平坦度の分布を示す。このうち、図 6 の (a) に示す平坦度マップ M_{flat_h} は、水平方向における平坦度の分布を示す。ここで、図 5 に示すように、平坦度は共通領域 C についてのみ算出されるため、平坦度マップ M_{flat_h} のサイズは、画像 M1、M2 に対して両端の幅 B_x の分だけ小さくなる。そこで、平坦度マップ M_{flat_h} に対し、幅 $B_x / 2$ に相当する余白 $m1$ を左右両端に追加することにより、画像 M1、M2 に画像サイズを揃える。図 6 の (b) に示す垂直方向の平坦度マップ M_{flat_v} についても同様に、幅 $B_y / 2$ に相当する余白 $m2$ を上下両端に追加する。

【0049】

シェーディング成分の勾配が小さいほど、即ち、シェーディング成分 $Sh_1(x, y)$ 、 $Sh_2(x, y)$ の値が近いほど、平坦度 $Flat_h$ の値は小さくなり、図 6 の (a) に示す平坦度マップ M_{flat_h} における画素値はゼロ (即ち、黒色) に近づく。図 6 の (b) に示す平坦度マップ M_{flat_v} についても同様である。

【0050】

続くステップ S3 において、平坦領域検出部 122 は、ステップ S2 において作成した

10

20

30

40

50

方向別の平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} に基づいて、平坦領域を検出する。

【0051】

詳細には、まず、方向別の平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} を加算することにより、図7に示す合成平坦度マップ M_{flat_h+v} を作成する。この際、各平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} に追加した余白 m_1 、 m_2 の部分を除いて加算を行い、その後、合成平坦度マップ M_{flat_h+v} の周囲に余白 m_3 を追加することにより、画像 $M_1 \sim M_3$ と画像サイズを合わせる。

【0052】

この合成平坦度マップ M_{flat_h+v} における画素値、即ち平坦度 $Flat_h$ 、 $Flat_v$ の和が最小値を取る画素の位置 (x_{min0}, y_{min0}) を、平坦領域の中心とする。

10

【0053】

続くステップ S4 において、補正ゲイン算出部 123 は、画像 $M_1 \sim M_3$ を撮像した際に撮像視野 V をずらした幅 B_x 、 B_y で、画像 $M_1 \sim M_3$ を複数の小区画に分割し、小区画ごとに方向別の補正ゲインを算出する。図8及び図9は、方向別の補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。

【0054】

まず、補正ゲイン算出部 123 は、図8に示すように、合成平坦度マップ M_{flat_h+v} を分割し、分割した小区画のうち平坦領域の中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) を含む小区画 (P_0, Q_0) を、シェーディングの勾配が平坦である平坦区画とみなす。そして、この平坦区画 (P_0, Q_0) に含まれる各画素の補正ゲイン $G(P_0, Q_0)$ を 1 に設定する。

20

【0055】

続いて、第1補正ゲイン算出部 123 a は、図9に示すように、撮像視野 V を水平方向に幅 B_x だけずらした画像 M_1 、 M_2 をもとに、水平方向における補正ゲインを、複数の小区画が並ぶ列ごとに算出する。以下、画像 M_1 内の各列 $(P = 1 \sim 5)$ に属する小区画内の各画素の輝度を $H_1(P = 1) \sim H_1(P = 5)$ と記す。同様に、画像 M_2 内の各列 $(P = 1 \sim 5)$ に属する小区画内の各画素の輝度を $H_2(P = 1) \sim H_2(P = 5)$ と記す。また、各列に属する小区画内の各画素の水平方向におけるシェーディング成分を $Sh(P = 1) \sim Sh(P = 5)$ と記し、これらのシェーディング成分を補正するための補正ゲインを $Gh(P = 1) \sim Gh(P = 5)$ と記す。 $Gh(P) = 1 / Sh(P)$ である。

【0056】

30

まず、第1補正ゲイン算出部 123 a は、平坦区画 (P_0, Q_0) を含む第4列に属する小区画内の各画素の補正ゲイン $Gh(P = 4)$ を 1 と見做して、他の列に属する小区画内の各画素の補正ゲイン $Gh(P = 1)$ 、 $Gh(P = 2)$ 、 $Gh(P = 3)$ 、 $Gh(P = 5)$ を算出する。

【0057】

図9に示すように、画像 M_1 の第2列におけるテクスチャ成分と、画像 M_2 の第1列におけるテクスチャ成分とは共通であるから、次式(6)が成り立つ。

【数4】

$$T_1(P=2) = T_2(P=1) = \frac{H_1(P=2)}{Sh(P=2)} = \frac{H_2(P=1)}{Sh(P=1)} \quad \dots(6)$$

40

【0058】

$Gh(P) = 1 / Sh(P)$ であるから、式(6)は次式(7)のように変形することができる。

【数5】

$$Gh(P=1) = \frac{H_1(P=2)}{H_2(P=1)} \times Gh(P=2) \quad \dots(7)$$

式(7)において、異なる列の間での演算 $H_1(P = 1) / H_2(P = 2)$ は、列 $P = 1$ 、

50

P = 2 の間で位置が対応する画素の輝度同士の演算を示す。

【 0 0 5 9 】

また、画像 M 1 の第 3 列におけるテクスチャ成分と、画像 M 2 の第 2 列におけるテクスチャ成分とは共通である。また、画像 M 1 の第 4 列におけるテクスチャ成分と、画像 M 2 の第 3 列におけるテクスチャ成分とは共通である。従って、式 (6)、(7) と同様にして、次式 (8 - 1)、(8 - 2) が成り立つ。

【数 6】

$$Gh(P=2) = \frac{H_1(P=3)}{H_2(P=2)} \times Gh(P=3) \quad \dots(8-1)$$

10

$$Gh(P=3) = \frac{H_1(P=4)}{H_2(P=3)} \times Gh(P=4) \quad \dots(8-2)$$

【 0 0 6 0 】

上述したように、 $Gh(P=4) = 1$ であるから、これを式 (7)、(8 - 1)、(8 - 2) に代入すると、補正ゲイン $Gh(P=1)$ 、 $Gh(P=2)$ 、 $Gh(P=3)$ は、次式 (9 - 1)、(9 - 2)、(9 - 3) によって与えられる。

【数 7】

$$Gh(P=1) = \frac{H_1(P=2)}{H_2(P=1)} \times \frac{H_1(P=3)}{H_2(P=2)} \times \frac{H_1(P=4)}{H_2(P=3)} \quad \dots(9-1)$$

20

$$Gh(P=2) = \frac{H_1(P=3)}{H_2(P=2)} \times \frac{H_1(P=4)}{H_2(P=3)} \quad \dots(9-2)$$

$$Gh(P=3) = \frac{H_1(P=4)}{H_2(P=3)} \quad \dots(9-3)$$

30

【 0 0 6 1 】

また、画像 M 1 の第 5 列におけるテクスチャ成分と、画像 M 2 の第 4 列におけるテクスチャ成分とは共通であることから、補正ゲイン $Gh(P=5)$ は、(9 - 4) によって与えられる。

【数 8】

$$Gh(P=5) = \frac{H_2(P=4)}{H_1(P=5)} \times Gh(P=4) = \frac{H_2(P=4)}{H_1(P=5)} \quad \dots(9-4)$$

【 0 0 6 2 】

一方、第 2 補正ゲイン算出部 1 2 3 b は、撮像視野 V を垂直方向に幅 B_y だけずらした画像 M 2、M 3 (図 3 参照) をもとに、垂直方向における補正ゲインを、複数の小区画が並ぶ行ごとに算出する。以下、画像 M 2 内の各行 ($Q = 1 \sim 5$) に属する小区画内の各画素の輝度を $H_2(Q=1) \sim H_2(Q=5)$ と記す。同様に、画像 M 3 内の各行 ($P = 1 \sim 5$) に属する小区画内の各画素の輝度を $H_3(Q=1) \sim H_3(Q=5)$ と記す。また、各行に属する小区画内の各画素の垂直方向におけるシェーディング成分を補正するための補正ゲインを $G_v(Q=1) \sim G_v(Q=5)$ と記す。

40

【 0 0 6 3 】

第 2 補正ゲイン算出部 1 2 3 b は、平坦区画 (P_0, Q_0) を含む第 4 行に属する小区画内の各画素の補正ゲイン $G_v(P=4)$ を 1 と見做し、上述した水平方向における処理と同様に、他の行に属する小区画内の各画素の補正ゲイン $G_v(Q=1)$ 、 $G_v(Q=2)$

50

、 $G_v(Q=3)$ 、 $G_v(Q=5)$ を算出する。補正ゲイン $G_v(Q=1)$ 、 $G_v(Q=2)$ 、 $G_v(Q=3)$ 、 $G_v(Q=5)$ は、次式(10-1)～(10-4)によって与えられる。

【数9】

$$G_v(Q=1) = \frac{H_1(Q=2)}{H_2(Q=1)} \times \frac{H_1(Q=3)}{H_2(Q=2)} \times \frac{H_1(Q=4)}{H_2(Q=3)} \quad \dots(10-1)$$

$$G_v(Q=2) = \frac{H_1(Q=3)}{H_2(Q=2)} \times \frac{H_1(Q=4)}{H_2(Q=3)} \quad \dots(10-2)$$

$$G_v(Q=3) = \frac{H_1(Q=4)}{H_2(Q=3)} \quad \dots(10-3)$$

$$G_v(Q=5) = \frac{H_2(Q=4)}{H_1(Q=5)} \quad \dots(10-4)$$

10

【0064】

続くステップS5において、正規化補正ゲイン算出部123cは、ステップS4において算出された方向別の補正ゲインを、平坦区画(P_0, Q_0)における補正ゲインを基準として正規化する。図10は、補正ゲインの正規化処理を説明するための模式図である。なお、図10においては、(P_0, Q_0) = (4, 4)である。

20

【0065】

小区画(P, Q)における水平方向の補正ゲイン $G_h(P, Q)$ は、同じ行に属し、且つ平坦区画(P_0, Q_0)と同じ列に属する小区画(P_0, Q)における水平方向の補正ゲイン $G_h(P_0, Q)$ を1と見做すことにより算出されている(式(9-1)参照)。また、この小区画(P, Q)においては、平坦区画(P_0, Q_0)を1と見做すことにより算出された垂直方向の補正ゲイン $G_v(P_0, Q)$ が得られている(式(10-1)参照)。

30

【0066】

従って、水平方向の補正ゲイン $G_h(P, Q)$ を正規化した正規化補正ゲイン $G_{hv}(P, Q)$ は、次式(11)によって与えられる。

$$G_{hv}(P, Q) = G_h(P, Q) \times G_v(P_0, Q) \quad \dots(11)$$

【0067】

一方、小区画(P, Q)における垂直方向の補正ゲイン $G_v(P, Q)$ は、同じ列に属し、且つ平坦区画(P_0, Q_0)と同じ行に属する小区画(P, Q_0)における垂直方向の補正ゲイン $G_v(P, Q_0)$ を1と見做すことにより算出されている(式(10-1)参照)。また、この小区画(P, Q_0)においては、平坦区画(P_0, Q_0)を1と見做すことにより算出された水平方向の補正ゲイン $G_h(P, Q_0)$ が得られている(式(9-1)参照)。

40

【0068】

従って、垂直方向の補正ゲイン $G_v(P, Q)$ を正規化した正規化補正ゲイン $G_{vh}(P, Q)$ は、次式(12)によって与えられる。

$$G_{vh}(P, Q) = G_v(P, Q) \times G_h(P, Q_0) \quad \dots(12)$$

【0069】

さらに、正規化補正ゲイン算出部123cは、同じ小区画(P, Q)について算出された正規化補正ゲイン $G_{hv}(P, Q)$ 、 $G_{vh}(P, Q)$ を、次式(13)に示すように加重平均することによって合成する。

$$G(P, Q) = (G_{hv}(P, Q) + G_{vh}(P, Q)) / 2$$

50

... (1 3)

【 0 0 7 0 】

この合成された補正ゲイン $G(P, Q)$ に属する各画素における補正ゲインが、画像内の各位置 (x, y) における補正ゲイン $G(x, y)$ として用いられる。

【 0 0 7 1 】

続くステップ S 6 において、画像補正部 1 2 4 は、ステップ S 5 において算出された補正ゲイン $G(x, y)$ を用いてシェーディング補正を行う。シェーディング補正された輝度（即ち、テクスチャ成分） $T(x, y)$ は、シェーディング補正前の輝度 $I(x, y)$ を用いて、次式 (1 4) によって与えられる。

$$T(x, y) = I(x, y) \times G(x, y) \quad \dots (1 4)$$

10

【 0 0 7 2 】

以上説明したように、本発明の実施の形態 1 によれば、シェーディングがほとんど生じておらず、シェーディング成分の勾配が最小である平坦領域を画像内から検出し、この平坦領域における補正ゲインを基準として、画像内の他の領域における補正ゲインを算出するので、精度の良い補正ゲインを算出することができる。従って、このような補正ゲインを用いることにより、高精度なシェーディング補正を行うことができる。

【 0 0 7 3 】

また、本発明の実施の形態 1 によれば、画像を分割した小区画ごとに補正ゲインの算出処理を行うので、演算量の少ない簡素な処理で、高精度なシェーディング補正を行うことができる。

20

【 0 0 7 4 】

(変形例 1)

上記実施の形態 1 においては、式 (1 3) に示すように、正規化補正ゲイン $G_{hv}(P, Q)$ 、 $G_{vh}(P, Q)$ を加重平均することにより、小区画 (P, Q) における補正ゲイン $G(P, Q)$ を算出したが、正規化補正ゲイン $G_{hv}(P, Q)$ 、 $G_{vh}(P, Q)$ のいずれかをそのまま、当該小区画 (P, Q) における補正ゲイン $G(P, Q)$ として用いても良い。この場合、正規化補正ゲイン $G_{hv}(P, Q)$ 、 $G_{vh}(P, Q)$ のいずれか一方のみを算出すれば良い。

【 0 0 7 5 】

(実施の形態 2)

次に、本発明の実施の形態 2 について説明する。本実施の形態 2 に係る画像処理装置の構成は、全体として実施の形態 1 (図 1 参照) と同様であり、補正ゲイン算出部 1 2 3 が実行する補正ゲインの算出処理 (図 4 のステップ S 4、S 5 参照) の詳細が実施の形態 1 と異なる。

30

【 0 0 7 6 】

ステップ S 3 において、図 7 に示すように、合成平坦度マップ M_{flat_h+v} から中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) が決定されると、続くステップ S 4 において、補正ゲイン算出部 1 2 3 は、水平及び垂直の方向別の補正ゲインを算出する。図 1 1 ~ 図 1 3 は、方向別の補正ゲインの算出処理を説明するための模式図である。このうち、図 1 1 の (a)、(b) は、図 6 に示す方向別平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} を示す模式図であり、図 1 1 の (c) は、図 1 1 の (a)、(b) に示す方向別平坦度マップ M_{flat_h} 、 M_{flat_v} を加算した合成平坦度マップ M_{flat_h+v} を示す模式図である。図 1 1 に示す格子により分割された各領域は 1 つの画素を示す。また、図 1 1 においては、図 6 に示す余白 $m 1$ 、 $m 2$ に相当する画素に \times 印を附している。

40

【 0 0 7 7 】

まず、第 1 補正ゲイン算出部 1 2 3 a は、水平方向の平坦度マップ M_{flat_h} の各行から、平坦度が最小値を取る画素を検出する。図 1 1 の (a) においては、各行において平坦度が最小値を取る位置 (x_{min}, y) の画素を白抜きで示している。

【 0 0 7 8 】

また、第 2 補正ゲイン算出部 1 2 3 b は、垂直方向の平坦度マップ M_{flat_v} の各列か

50

ら、平坦度が最小値を取る画素を検出する。図11の(b)においては、各列において平坦度が最小値を取る位置 (x, y_{min}) の画素を白抜きで示している。

【0079】

なお、図11の(c)に示すマップ M_{flat_h+v} においては、各行及び各列において平坦度が最小値を取る画素を白抜きで示すと共に、ステップS3において検出した平坦領域の中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) の画素に斜線を附している。

【0080】

垂直方向の平坦度マップ M_{flat_v} の各行から検出された平坦度の最小値は、各行内において最もゼロに近い値となる。そこで、第1補正ゲイン算出部123aは、図12に示すように、平坦度マップ M_{flat_h} の各行に対し、平坦度が最小値を取る位置 (x_{min}, y) の左右両側の幅 $B_x/2$ の範囲に、画素値がゼロの画素を挿入する。これらの画素値ゼロの範囲 $(x_{min} - B_x/2) \leq x \leq (x_{min} + B_x/2)$ を、当該行における平坦領域として扱う。なお、トータルで幅 B_x に相当する画素を挿入することにより、平坦度マップ M_{flat_h} のサイズがもとの画像M1、M2の画像サイズと等しくなるので、余白m1は削除する。

【0081】

同様に、第2補正ゲイン算出部123bは、図13に示すように、平坦度マップ M_{flat_v} の各列に対し、平坦度が最小値を取る位置 (x, y_{min}) の上下両側の幅 $B_y/2$ の範囲に、画素値がゼロの画素を挿入する。これらの画素値ゼロの範囲 $(y_{min} - B_y/2) \leq y \leq (y_{min} + B_y/2)$ を、当該列における平坦領域として扱う。なお、トータルで幅 B_y に相当する画素を挿入することにより、平坦度マップ M_{flat_v} のサイズがもとの画像M2、M3の画像サイズと等しくなるので、余白m2は削除する。

【0082】

続いて、第1補正ゲイン算出部123aは、平坦度マップ M_{flat_h} の各行における平坦領域の補正ゲインを1と見做し、下記(I)~(III)の場合に分けて、各画素位置における水平方向におけるシェーディング成分 $Sh(x, y)$ を補正するための補正ゲイン $G_h(x, y)$ を算出する。

【0083】

(I) $(x_{min} - B_x/2) \leq x \leq (x_{min} + B_x/2)$ の場合

この場合、上述したように、補正ゲイン $G_h(x, y) = 1$ である。

【0084】

(II) $(x_{min} + B_x/2) < x$ の場合

この場合、図5に示すように、画像M1内の位置 (x, y) におけるテクスチャ成分 $T_1(x, y)$ と、画像M2内の位置 $(x - B_x, y)$ におけるテクスチャ成分 $T_2(x - B_x, y)$ は共通である。従って、次式(15)が成り立つ。

【数10】

$$\frac{I_1(x, y)}{Sh(x, y)} = \frac{I_2(x - B_x, y)}{Sh(x - B_x, y)} \quad \dots(15)$$

【0085】

従って、水平方向におけるシェーディング成分 $Sh(x, y)$ は、次式(16)によって与えられる。

【数11】

$$Sh(x, y) = \frac{I_1(x, y)}{I_2(x - B_x, y)} \times Sh(x - B_x, y) \quad \dots(16)$$

【0086】

補正ゲインはシェーディング成分の逆数として与えられるから、水平方向におけるシェーディング成分 $Sh(x, y)$ を補正するための水平方向における補正ゲイン $G_h(x, y)$

10

20

30

40

50

y) は次式 (17) によって与えられる。

【数 12】

$$Gh(x, y) = \frac{I_2(x - B_x, y)}{I_1(x, y)} \times Gh(x - B_x, y) \quad \dots(17)$$

【0087】

同様に、式 (17) における補正ゲイン $Gh(x - B_x, y)$ は、次式 (18) によって与えられる。

【数 13】

$$Gh(x - B_x, y) = \frac{I_2(x - 2B_x, y)}{I_1(x - B_x, y)} \times Gh(x - 2B_x, y) \quad \dots(18)$$

10

【0088】

式 (17)、(18) より、補正ゲイン $Gh(x, y)$ は、次式 (19) に変形することができる。

【数 14】

$$Gh(x, y) = \frac{I_2(x - B_x, y)}{I_1(x, y)} \times \frac{I_2(x - 2B_x, y)}{I_1(x - B_x, y)} \times Gh(x - 2B_x, y) \quad \dots(19)$$

20

【0089】

このように、補正ゲイン $Gh(x, y)$ を $Gh(x - B_x, y)$ 、 $Gh(x - 2B_x, y)$ 、...、 $Gh(x - iB_x, y)$ 、... と順次置き換えていくと ($i = 1, 2, \dots, n$)、いずれ当該行における平坦領域に至り、補正ゲイン $Gh(x - nB_x, y)$ が 1 になる。つまり、 $(x_{min} + B_x / 2) < x$ である任意の位置 (x, y) における補正ゲイン $Gh(x, y)$ は、次式 (20) によって与えられる。

【数 15】

$$Gh(x, y) = \frac{I_2(x - B_x, y)}{I_1(x, y)} \times \frac{I_2(x - 2B_x, y)}{I_1(x - B_x, y)} \times \dots \times \frac{I_2(x - iB_x, y)}{I_1(x - (i-1)B_x, y)} \times \dots$$

$$\dots \times \frac{I_2(x - nB_x, y)}{I_1(x - (n-1)B_x, y)} \times Gh(x - nB_x, y) \quad \dots(20)$$

30

式 (20) において、 $Gh(x - nB_x, y) = 1$ である。

【0090】

(III) $x < (x_{min} - B_x / 2)$ の場合

この場合、画像 M1 内の位置 $(x + B_x, y)$ におけるテクスチャ成分 $T_1(x + B_x, y)$ と、画像 M2 内の位置 (x, y) におけるテクスチャ成分 $T_2(x, y)$ は共通である。従って、次式 (21) が成り立つ。

【数 16】

$$\frac{I_1(x + B_x, y)}{Sh(x + B_x, y)} = \frac{I_2(x, y)}{Sh(x, y)} \quad \dots(21)$$

40

【0091】

従って、水平方向におけるシェーディング成分 $Sh(x, y)$ を補正するための補正ゲイン $Gh(x, y)$ は、次式 (22) によって与えられる。

【数17】

$$Gh(x, y) = \frac{1}{Sh(x, y)} = \frac{I_1(x + B_x, y)}{I_2(x, y)} \times Gh(x + B_x, y) \quad \dots(22)$$

【0092】

上記(11)の場合と同様に、補正ゲイン $Gh(x, y)$ を $Gh(x + B_x, y)$ 、 $Gh(x + 2B_x, y)$ 、...、 $Gh(x + iB_x, y)$ 、... と順次置き換えていくと ($i = 1, 2, \dots, n$)、いずれ当該行における平坦領域に至り、補正ゲイン $Gh(x + nB_x, y)$ が1になる。つまり、 $x < (x_{min} - B_x / 2)$ である任意の位置 (x, y) における補正ゲイン $Gh(x, y)$ は、次式(23)によって与えられる。

10

【数18】

$$Gh(x, y) = \frac{I_1(x + B_x, y)}{I_2(x, y)} \times \frac{I_1(x + 2B_x, y)}{I_2(x + B_x, y)} \times \dots \times \frac{I_1(x + iB_x, y)}{I_2(x + (i-1)B_x, y)} \times \dots \\ \dots \times \frac{I_1(x + nB_x, y)}{I_2(x + (n-1)B_x, y)} \times Gh(x + nB_x, y) \quad \dots(23)$$

式(23)において、 $Gh(x + nB_x, y) = 1$ である。

【0093】

20

続いて、第2補正ゲイン算出部123bは、平坦度マップ M_{flat_v} の各列における平坦領域の補正ゲインを1と見做し、上述した水平方向の処理と同様に、下記(IV)~(VI)の場合に分けて、各画素位置における垂直方向におけるシェーディング成分 $Sv(x, y)$ を補正するための補正ゲイン $Gv(x, y)$ を算出する。

【0094】

(IV) $(y_{min} - B_y / 2) < y < (y_{min} + B_y / 2)$ の場合

この場合、上述したように、補正ゲイン $Gv(x, y) = 1$ である。

【0095】

(V) $(y_{min} + B_y / 2) < y$ の場合

この場合、補正ゲイン $Gv(x, y)$ は、上記(11)と同様に、補正ゲイン $Gv(x, y)$ を $Gv(x, y - B_y)$ 、 $Gv(x, y - 2B_y)$ 、... と順次置き換えた式(24)によって与えられる。

30

【数19】

$$Gv(x, y) = \frac{I_3(x, y - B_y)}{I_2(x, y)} \times \frac{I_3(x, y - 2B_y)}{I_2(x, y - B_y)} \times \dots \times \frac{I_3(x, y - iB_y)}{I_2(x, y - (i-1)B_y)} \times \dots \\ \dots \times \frac{I_3(x, y - nB_y)}{I_2(x, y - (n-1)B_y)} \times Gv(x, y - nB_y) \quad \dots(24)$$

40

式(24)において、 $Gv(x, y - nB_y) = 1$ である。

【0096】

(VI) $y < (y_{min} - B_y / 2)$ の場合

この場合、補正ゲイン $Gv(x, y)$ は、上記(11)と同様に、補正ゲイン $Gv(x, y)$ を $Gv(x, y + B_y)$ 、 $Gv(x, y + 2B_y)$ 、... と順次置き換えた式(25)によって与えられる。

【数 2 0】

$$Gv(x,y) = \frac{I_2(x,y+B_y)}{I_3(x,y)} \times \frac{I_2(x,y+2B_y)}{I_3(x,y+B_y)} \times \dots \times \frac{I_2(x,y+iB_y)}{I_3(x,y+(i-1)B_y)} \times \dots \\ \dots \times \frac{I_2(x,y+nB_y)}{I_3(x,y+(n-1)B_y)} \times Gv(x,y+nB_y) \quad \dots(25)$$

式(25)において、 $Gv(x,y+nB_y) = 1$ である。

【0097】

10

続くステップS5において、正規化補正ゲイン算出部123cは、ステップS4において算出された方向別の補正ゲイン $Gh(x,y)$ 、 $Gv(x,y)$ を、ステップS3において決定した平坦領域の中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) における補正ゲインを基準として正規化する。

【0098】

まず、正規化補正ゲイン算出部123cは、図14に示すように、任意の位置 (x,y) における水平方向の補正ゲイン $Gh(x,y)$ を、同じ y 行に属し、且つ中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) と同じ x_{min0} 列に属する位置 (x_{min0}, y) における水平方向の補正ゲイン $Gh(x_{min0}, y)$ を基準として正規化する。即ち、 $Gh(x,y) / Gh(x_{min0}, y)$ を算出する。

20

【0099】

この位置 (x_{min0}, y) においては、中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) における補正ゲインを基準とする垂直方向の補正ゲイン $Gv(x_{min0}, y)$ が得られている。従って、位置 (x,y) における水平方向の補正ゲイン $Gh(x,y)$ を中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) における補正ゲインによって正規化した正規化補正ゲイン $Ghv(x,y)$ は、次式(26)によって与えられる。

【数 2 1】

$$Ghv(x,y) = \frac{Gh(x,y)}{Gh(x_{min0},y)} \times Gv(x_{min0},y) \quad \dots(26)$$

30

【0100】

また、正規化補正ゲイン算出部123cは、図15に示すように、上記位置 (x,y) を、同じ x 列に属し、且つ中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) と同じ y_{min0} 行に属する位置 (x, y_{min0}) における垂直方向の補正ゲイン $Gv(x, y_{min0})$ を基準として正規化する。即ち、 $Gv(x,y) / Gv(x, y_{min0})$ を算出する。

【0101】

この位置 (x, y_{min0}) においては、中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) における補正ゲインを基準とする水平方向の補正ゲイン $Gh(x, y_{min0})$ が得られている。従って、位置 (x,y) における垂直方向の補正ゲイン $Gv(x,y)$ を中心位置 (x_{min0}, y_{min0}) における補正ゲインによって正規化した正規化補正ゲイン $Gvh(x,y)$ は、次式(27)によって与えられる。

40

【数 2 2】

$$Gvh(x,y) = \frac{Gv(x,y)}{Gv(x,y_{min0})} \times Gh(x,y_{min0}) \quad \dots(27)$$

【0102】

さらに、正規化補正ゲイン算出部123cは、同一の位置 (x,y) について算出された正規化補正ゲイン $Ghv(x,y)$ 、 $Gvh(x,y)$ を、次式(28)に示すように

50

加重平均することによって合成する。

$$G(x, y) = (G_{hv}(x, y) + G_{vh}(x, y)) / 2 \quad \dots (28)$$

【0103】

この合成された補正ゲイン $G(x, y)$ が、位置 (x, y) における補正ゲインとして用いられる。続くステップ S6 の処理は、実施の形態 1 と同様である。

【0104】

図 16 は、図 5 に示す画像 M1、M2 から検出した平坦領域における補正ゲインを基準として作成した補正ゲインマップを示す図である。一方、図 17 は、図 5 に示す画像 M1、M2 の中心における補正ゲインを基準として作成した補正ゲインマップを示す図である。図 17 に示すように、画像の中心と平坦領域の中心位置とが一致していない場合、平坦であると仮定した画像の中心の小区画の左端と右端、上端と下端において、実際にはシェーディングの差があるため、接合部で不連続となり、補正ゲインマップに格子状のアーチファクトが発生してしまった。これに対し、図 16 に示すように、実際の平坦領域の中心位置における補正ゲインを基準とすることにより、アーチファクトが発生しない、滑らかで精度の良い補正ゲインを得ることができた。

【0105】

以上説明したように、本発明の実施の形態 2 によれば、画像内でシェーディングがほとんど発生しておらず、シェーディングの勾配がほぼ平坦な平坦領域の中心位置に基づいて補正ゲインを算出するので、滑らかで精度の良い補正ゲインを取得することができる。従って、このような補正ゲインを用いることにより、高精度なシェーディング補正を行うことが可能となる。

【0106】

(変形例 2 - 1)

上記実施の形態 2 においては、式 (28) に示すように、正規化補正ゲイン $G_{hv}(x, y)$ 、 $G_{vh}(x, y)$ を加重平均することにより、位置 (x, y) における補正ゲイン $G(x, y)$ を算出したが、正規化補正ゲイン $G_{hv}(x, y)$ 、 $G_{vh}(x, y)$ のいずれかをそのまま、当該位置 (x, y) における補正ゲイン $G(x, y)$ として用いても良い。この場合、正規化補正ゲイン $G_{hv}(x, y)$ 、 $G_{vh}(x, y)$ のいずれか一方のみを算出すれば良い。

【0107】

(変形例 2 - 2)

図 18 は、本発明の実施の形態 2 の変形例 2 - 2 における補正ゲインの算出方法を説明するための模式図である。上記実施の形態 2 においては、各行及び各列の幅を 1 画素分として方向別の補正ゲインを算出したが、各行及び各列の幅をそれぞれ複数画素分として同様の処理を行っても良い。一例として、第 1 補正ゲイン算出部 123a 及び第 2 補正ゲイン算出部 123b は、行方向及び列方向のそれぞれにおいて、平坦領域を中心に、撮像視野 V をずらした幅 (ずれ量) B_x 、 B_y で画像を小区画に分割し、平坦領域を含む小区画の行及び列をそれぞれ基準として方向別の補正ゲインを算出する。正規化補正ゲイン算出部 123c は、このように算出された方向別の補正ゲインを、画像全体における平坦領域を含む小区画 (P_0' , Q_0') の補正ゲインを基準として正規化する。

【0108】

(実施の形態 3)

次に、本発明の実施の形態 3 について説明する。図 19 は、本発明の実施の形態 3 に係る画像処理装置の構成を示すブロック図である。図 19 に示すように、本実施の形態 3 に係る画像処理装置 2 は、図 1 に示す画像処理部 12 の代わりに画像処理部 21 を備える。画像処理部 21 以外の画像処理装置 2 の各部の構成及び動作は、実施の形態 1 と同様である。

【0109】

画像処理部 21 は、平坦部算出部 121、平坦領域検出部 122、補正ゲイン算出部 2

00、及び画像補正部124を備える。このうち、平坦部算出部121、平坦領域検出部122、及び画像補正部124の動作は実施の形態1と同様である。

【0110】

補正ゲイン算出部200は、第1補正ゲイン算出部123a、第2補正ゲイン算出部123b、及び正規化補正ゲイン算出部123cに加えて、判定部201及び平滑化処理部202を備える。このうち、第1補正ゲイン算出部123a、第2補正ゲイン算出部123b、及び正規化補正ゲイン算出部123cの動作は、実施の形態1と同様である。或いは、実施の形態2と同様の処理を実行させても良い。

【0111】

判定部201は、平坦領域検出部122が平坦領域を検出する際に算出した平坦度の最小値が閾値以下であるか否かを判定する。この閾値は、平坦領域の中心位置が画像内に存在するか否かを判定するためのものであり、予め設定されている。

10

【0112】

ここで、平坦領域の中心位置が画像内に存在する場合、シェーディング成分の勾配はほぼゼロ、つまり平坦度の最小値はほぼゼロとなり、この最小値を取る位置が平坦領域の中心位置として検出される。そこで、閾値としては、好ましくは平坦度ゼロの誤差の範囲と見做せる値が設定される。

【0113】

平滑化処理部202は、平坦度の最小値が閾値より大きいと判定部201が判定した場合に、正規化補正ゲイン算出部123cが算出した補正ゲインに対して平滑化処理を施す。

20

【0114】

上記実施の形態1又は2において説明したように、画像内から平坦領域の中心位置を検出し、この中心位置における補正ゲインを基準として画像内の他の領域における補正ゲインを算出することで、当該画像を高精度にシェーディング補正することができる。しかしながら、平坦領域の中心位置は必ずしも画像内に存在するとは限らない。

【0115】

図20は、平坦領域の中心位置が画像内に存在しない場合の平坦度マップの例を示す図である。図20に示すように、平坦領域の中心位置が画像内に存在しない場合、当該画像内で平坦度が最小値を取る位置にもシェーディングが発生している。それにもかかわらず、この位置における補正ゲインを基準として、つまり、補正ゲインを1と見做して、他の領域における補正ゲインを算出すると、算出した補正ゲインに大きな誤差やアーチファクトが発生してしまう。

30

【0116】

図21は、図20に示す平坦度マップをもとに作成した補正ゲインマップを示す図である。図21に示すように、平坦領域の中心位置が画像内に存在しない場合、図21に示すように、補正ゲインマップに例えば格子状のアーチファクトが発生してしまう。

【0117】

そこで、判定部201は、平坦度の最小値が閾値以下であるか否かを判定することにより、平坦領域の中心位置が画像内に存在するか否かを判断する。そして、平坦度の最小値が閾値よりも大きい場合、即ち、平坦領域の中心位置が画像内に存在しない場合、平滑化処理部202は、正規化補正ゲイン算出部123cが算出した補正ゲインに対して平滑化処理を実行する。平滑化処理の種類は特に限定されず、例えば、ガウシアンフィルタ等の一般的な平滑化処理を適用すれば良い。この際、平滑化処理部202は、平坦度の最小値の大きさに応じて、ガウシアンフィルタにおけるパラメータやフィルタサイズを変化させても良い。具体的には、平坦度の最小値が大きいほど、パラメータやフィルタサイズを大きくすると良い。

40

【0118】

図22は、図20に示す平坦度マップをもとに作成し、さらに平滑化処理を施した補正ゲインマップを示す図である。図22に示すように、平滑化処理を施すことにより、アー

50

チファクトを抑制することができる。

【0119】

以上説明したように、本発明の実施の形態3によれば、平坦領域の中心位置が画像内に存在しない場合であっても、シェーディング補正におけるアーチファクトの発生を抑制することができる。

【0120】

(実施の形態4)

次に、本発明の実施の形態4について説明する。図23は、本発明の実施の形態4に係る顕微鏡システムの構成例を示す図である。図23に示すように、本実施の形態4に係る顕微鏡システム6は、顕微鏡装置3と、画像処理装置4と、表示装置5とを備える。

10

【0121】

顕微鏡装置3は、落射照明ユニット301及び透過照明ユニット302が設けられた略C字形のアーム300と、該アーム300に取り付けられ、観察対象である被写体SPが載置される標本ステージ303と、鏡筒305の一端側に三眼鏡筒ユニット308を介して標本ステージ303と対向するように設けられた対物レンズ304と、鏡筒305の他端側に設けられた撮像部306と、標本ステージ303を移動させるステージ位置変更部307とを有する。三眼鏡筒ユニット308は、対物レンズ304から入射した被写体SPの観察光を、撮像部306と後述する接眼レンズユニット309とに分岐する。接眼レンズユニット309は、ユーザが被写体SPを直接観察するためのものである。

【0122】

落射照明ユニット301は、落射照明用光源301a及び落射照明光学系301bを備え、被写体SPに対して落射照明光を照射する。落射照明光学系301bは、落射照明用光源301aから出射した照明光を集光して観察光路Lの方向に導く種々の光学部材、具体的にはフィルタユニット、シャッタ、視野絞り、開口絞り等を含む。

20

【0123】

透過照明ユニット302は、透過照明用光源302a及び透過照明光学系302bを備え、被写体SPに対して透過照明光を照射する。透過照明光学系302bは、透過照明用光源302aから出射した照明光を集光して観察光路Lの方向に導く種々の光学部材、具体的にはフィルタユニット、シャッタ、視野絞り、開口絞り等を含む。

【0124】

対物レンズ304は、倍率が互いに異なる複数の対物レンズ、例えば、対物レンズ304、304'を保持可能なレボルバ310に取り付けられている。このレボルバ310を回転させて、標本ステージ303と対向する対物レンズ304、304'を変更することにより、撮像倍率を変化させることができる。

30

【0125】

鏡筒305の内部には、複数のズームレンズと、これらのズームレンズの位置を変化させる駆動部とを含むズーム部が設けられている。ズーム部は、各ズームレンズの位置を調整することにより、撮像視野内の被写体像を拡大又は縮小させる。なお、鏡筒305内の駆動部にエンコーダをさらに設けても良い。この場合、エンコーダの出力値を画像処理装置4に出力し、画像処理装置4において、エンコーダの出力値からズームレンズの位置を検出して撮像倍率を自動算出するようにしても良い。

40

【0126】

撮像部306は、例えばCCDやCMOS等の撮像素子を含み、該撮像素子が備える各画素においてR(赤)、G(緑)、B(青)の各バンドにおける画素レベル(画素値)を持つカラー画像を撮像可能なカメラであり、画像処理装置4の撮像制御部111の制御に従って、所定のタイミングで動作する。撮像部306は、対物レンズ304から鏡筒305内の光学系を介して入射した光(観察光)を受光し、観察光に対応する画像データを生成して画像処理装置4に出力する。或いは、撮像部306は、RGB色空間で表された画素値を、YCbCr色空間で表された画素値に変換して画像処理装置4に出力しても良い。

50

【 0 1 2 7 】

ステージ位置変更部 3 0 7 は、例えばボールネジ及びステッピングモータ 3 0 7 a を含み、標本ステージ 3 0 3 の位置を X Y 平面内で移動させることにより、撮像視野を変化させる移動手段である。また、ステージ位置変更部 3 0 7 には、標本ステージ 3 0 3 を Z 軸に沿って移動させることにより、対物レンズ 3 0 4 の焦点を被写体 S P に合わせる。なお、ステージ位置変更部 3 0 7 の構成は上述した構成に限定されず、例えば超音波モータ等を使用しても良い。

【 0 1 2 8 】

なお、本実施の形態 4 においては、対物レンズ 3 0 4 を含む光学系の位置を固定し、標本ステージ 3 0 3 側を移動させることにより、被写体 S P に対する撮像視野を変化させるが、対物レンズ 3 0 4 を光軸と直交する面内において移動させる移動機構を設け、標本ステージ 3 0 3 を固定して、対物レンズ 3 0 4 側を移動させることにより、撮像視野を変化させることとしても良い。或いは、標本ステージ 3 0 3 及び対物レンズ 3 0 4 の双方を相対的に移動させても良い。

【 0 1 2 9 】

画像処理装置 4 は、画像取得部 1 1 と、画像処理部 4 1 と、記憶部 1 3 とを備える。このうち、画像取得部 1 1 及び記憶部 1 3 の構成及び動作は、実施の形態 1 と同様である（図 1 参照）。画像取得部 1 1 のうち、駆動制御部 1 1 2 は、標本ステージ 3 0 3 に搭載されたスケールの値等に基づき、予め定められたピッチで該標本ステージ 3 0 3 の駆動座標を指示することにより標本ステージ 3 0 3 の位置制御を行うが、顕微鏡装置 3 により取得された画像に基づくテンプレートマッチング等の画像マッチングの結果に基づいて標本ステージ 3 0 3 の位置制御を行っても良い。本実施の形態 4 においては、被写体 S P の面内で撮像視野 V を水平方向に移動させた後、垂直方向に移動させるだけなので、標本ステージ 3 0 3 の制御は非常に容易である。

【 0 1 3 0 】

画像処理部 4 1 は、図 1 に示す画像処理部 1 2 に対し、V S 画像作成部 4 1 1 をさらに備える。V S 画像作成部 4 1 1 は、画像補正部 1 2 4 によりシェーディング補正が施された複数の画像をもとに、バーチャルスライド（V S）画像を作成する。なお、V S 画像作成部 4 1 1 以外の画像処理部 4 1 の各部の構成及び動作は、実施の形態 1 と同様である。或いは、実施の形態 2 と同様の処理を実行させても良いし、実施の形態 3 と同様に補正ゲイン算出部 2 0 0 を設けても良い。

【 0 1 3 1 】

バーチャルスライド画像とは、撮像視野が互いに異なる複数の画像を貼り合わせて作成された広視野の画像であり、本顕微鏡システム 6 には、バーチャルスライド画像の作成機能が搭載されている。ここで、顕微鏡装置 3 において撮像された画像をそのまま貼り合わせようとする、光学系の特性等に応じて生じるシェーディングの影響により、画像同士を貼り合わせたつなぎ目に不自然な境界が発生してしまう。そこで、本実施の形態 4 においては、画像補正部 1 2 4 によりシェーディング補正がなされた後の画像同士を貼り合わせることとしている。

【 0 1 3 2 】

表示装置 5 は、例えば、LCD や EL ディスプレイ、CRT ディスプレイ等の表示装置によって構成され、画像処理装置 4 から出力された画像や関連情報を表示する。

【 0 1 3 3 】

図 2 4 は、顕微鏡システム 6 における画像の取得動作を説明するための模式図である。本顕微鏡システム 6 においては、バーチャルスライド画像作成用の画像取得と補正ゲイン算出用の画像取得とを組み合わせて行うことが可能である。

【 0 1 3 4 】

例えば図 2 4 に示すように、バーチャルスライド画像の作成用の画像 V 0 ~ V 7 を取得する際、撮像視野を水平に移動させる間の一部の区間、例えば画像 V 0、V 1 を取得する間において、撮像視野の移動ピッチを例えば幅 B_x に設定して撮像を行うことにより、水

10

20

30

40

50

平方向における補正ゲイン算出用の画像 $M_{j=0}$ 、 $M_{j=1}$ を取得する。このうち、画像 $M_{j=0}$ と画像 V_0 とは撮像視野内の被写体が共通なので、画像を兼用することができる。また、撮像視野を垂直に移動させる間の一部の区間、例えば画像 V_4 、 V_5 を取得する間において、撮像視野の移動ピッチを例えば幅 B_y に設定して撮像を行うことにより、垂直方向における補正ゲイン算出用の画像 $M_{k=0}$ 、 $M_{k=1}$ を取得する。このうち、画像 $M_{k=0}$ と画像 V_4 とは撮像視野内の被写体が共通なので、画像を兼用することができる。また、画像 V_0 、 V_1 、... と撮像を進めている間に、取得済みの画像 $M_{j=0}$ 、 $M_{j=1}$ から補正ゲインの算出を並行して行っても良いし、算出された補正ゲインを用いてシェーディング補正を並行して行っても良い。

【0135】

10

このように、本実施の形態4においては、バーチャルスライド画像作成用の画像を取得する際の撮像視野の移動方向と、シェーディング成分算出用の画像を取得する際の撮像視野の移動方向とが共通しているため、標本ステージ303を無駄に移動させることなく、効率的に、これらの画像を取得することができる。また、バーチャルスライド画像の作成用の一部の画像を、シェーディング成分の作成に使用することができるので、撮像回数を低減することもできる。

【0136】

なお、バーチャルスライド画像作成用の画像取得経路上において、補正ゲイン算出用の取得を行う位置は、任意に設定することができる。また、バーチャルスライド画像作成用の画像取得経路上の複数箇所において補正ゲイン算出用の画像を取得し、画像を取得した箇所ごとに算出された補正ゲインを合成しても良い。この場合、合成された補正ゲインを用いることにより、シェーディング補正におけるロバスト性を向上させることができる。

20

【0137】

本発明は、上述した各実施の形態1～4及び変形例そのままに限定されるものではなく、各実施の形態1～4及び変形例に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって、種々の発明を形成することができる。例えば、実施の形態1～4及び変形例に示される全構成要素からいくつかの構成要素を除外して形成してもよい。或いは、異なる実施の形態に示した構成要素を適宜組み合わせることで形成してもよい。

【符号の説明】

【0138】

30

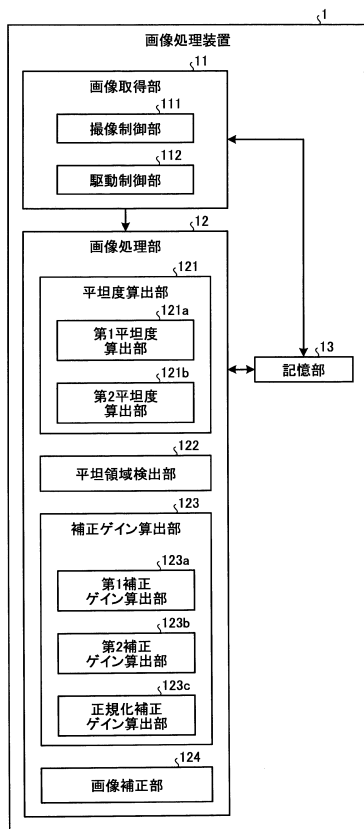
- 1、2、4 画像処理装置
- 3 顕微鏡装置
- 5 表示装置
- 6 顕微鏡システム
 - 11 画像取得部
 - 12、21、41 画像処理部
 - 13 記憶部
 - 30 光学系
 - 111 撮像制御部
 - 112 駆動制御部
 - 121 平坦度算出部
 - 121a 第1平坦度算出部
 - 121b 第2平坦度算出部
 - 122 平坦領域検出部
 - 123、200 補正ゲイン算出部
 - 123a 第1補正ゲイン算出部
 - 123b 第2補正ゲイン算出部
 - 123c 正規化補正ゲイン算出部
 - 124 画像補正部
 - 201 判定部

40

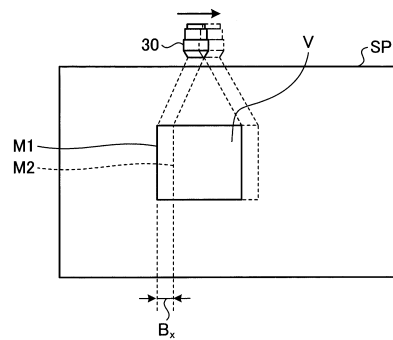
50

- 2 0 2 平滑化处理部
- 3 0 0 アーム
- 3 0 1 落射照明ユニット
- 3 0 1 a 落射照明用光源
- 3 0 1 b 落射照明光学系
- 3 0 2 透過照明ユニット
- 3 0 2 a 透過照明用光源
- 3 0 2 b 透過照明光学系
- 3 0 3 標本ステージ
- 3 0 4、3 0 4' 対物レンズ
- 3 0 5 鏡筒
- 3 0 6 撮像部
- 3 0 7 ステージ位置変更部
- 3 0 7 a ステッピングモータ
- 3 0 8 三眼鏡筒ユニット
- 3 0 9 接眼レンズユニット
- 3 1 0 レボルバ
- 4 1 1 V S 画像作成部

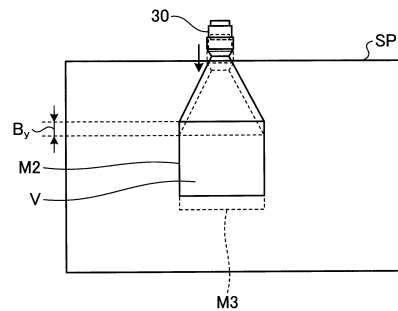
【図 1】



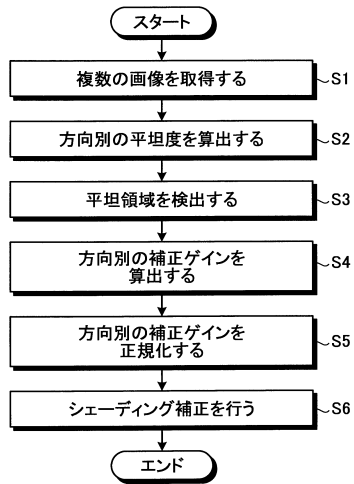
【図 2】



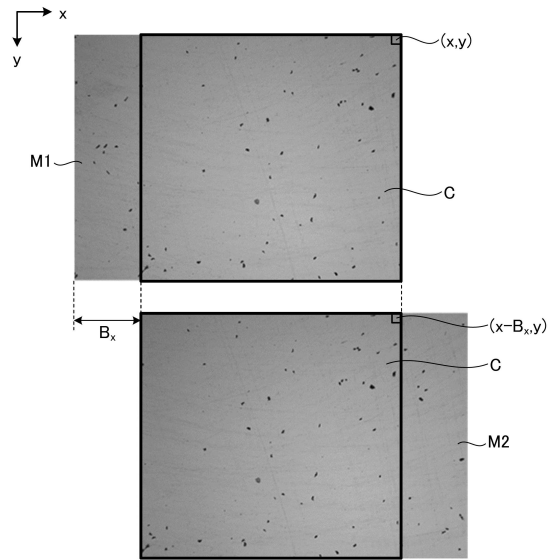
【図 3】



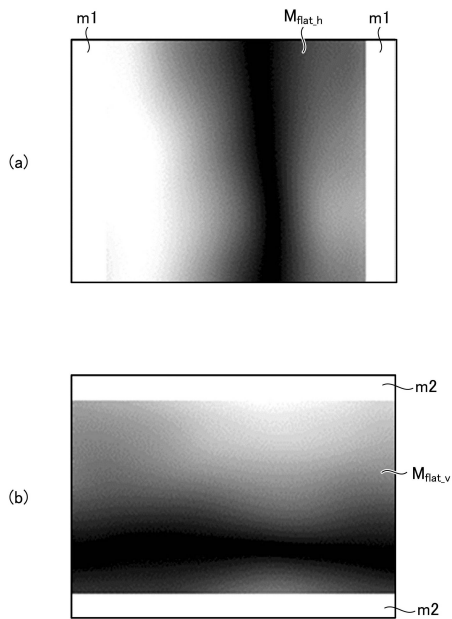
【 図 4 】



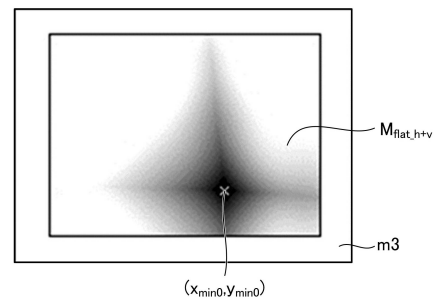
【 図 5 】



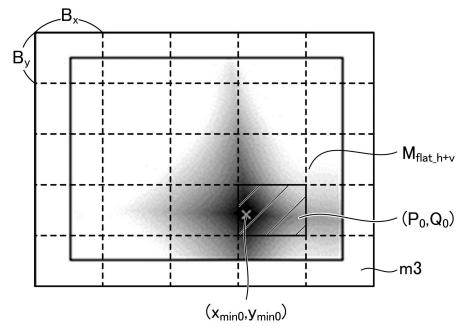
【 図 6 】



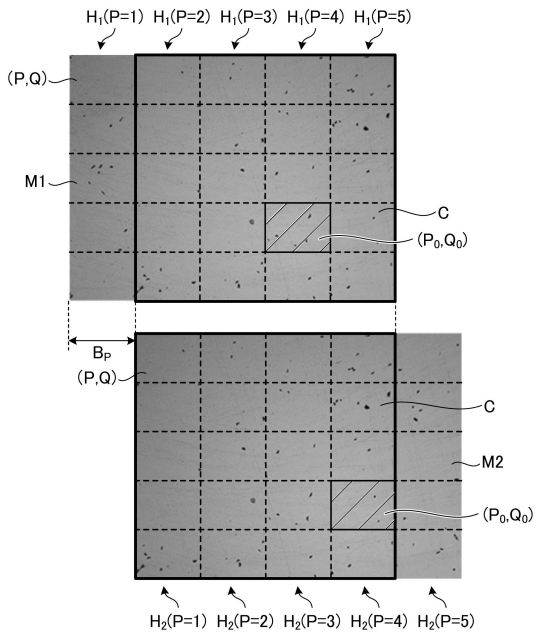
【 図 7 】



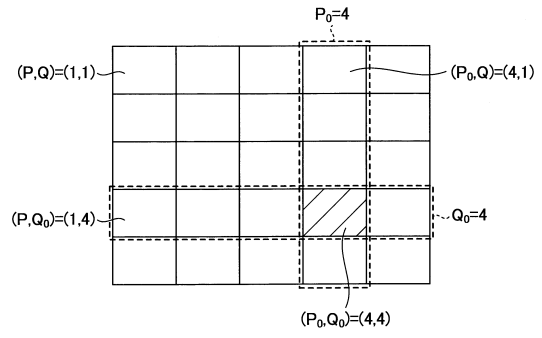
【 図 8 】



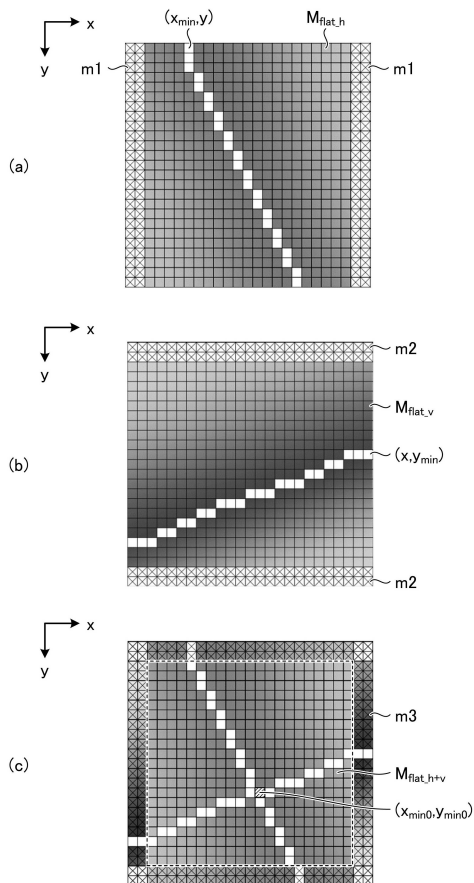
【 図 9 】



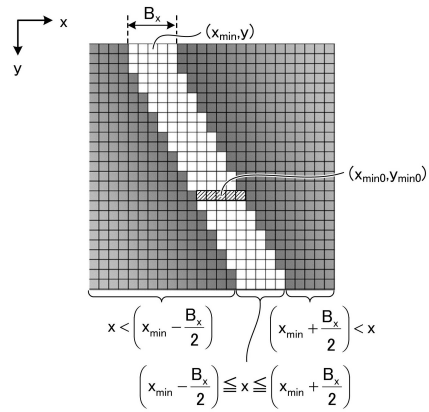
【 図 10 】



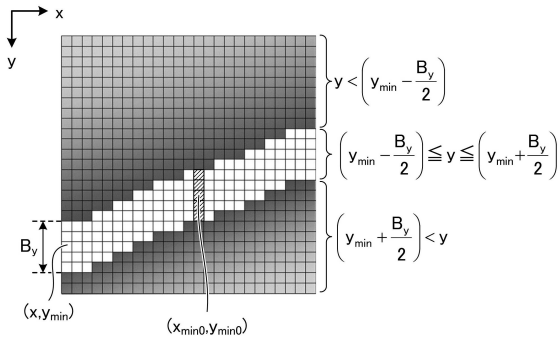
【 図 11 】



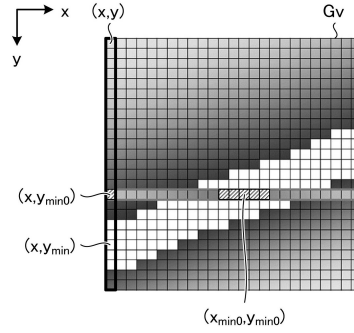
【 図 12 】



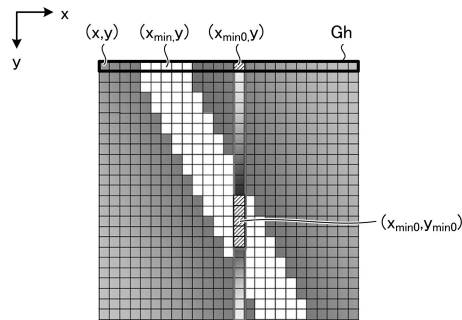
【図13】



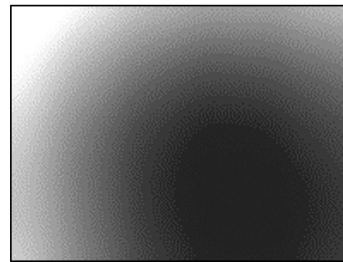
【図15】



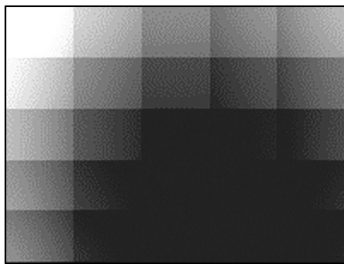
【図14】



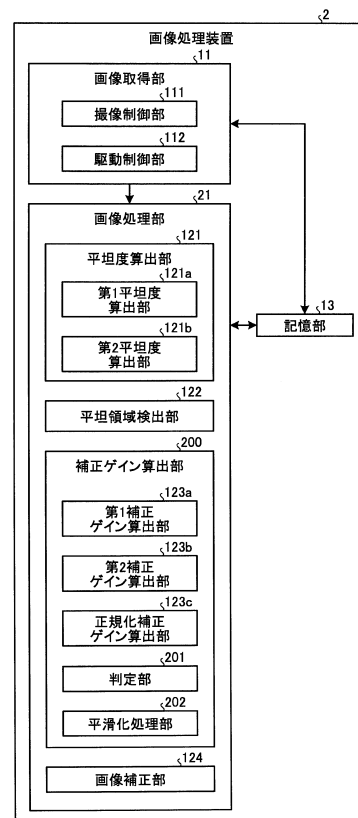
【図16】



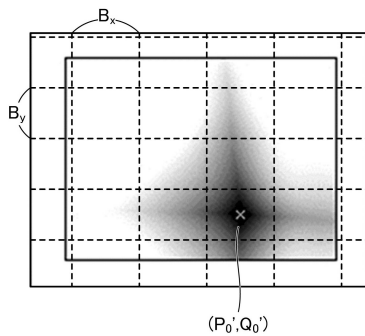
【図17】



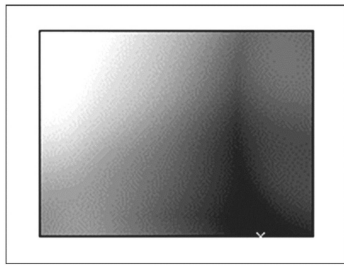
【図19】



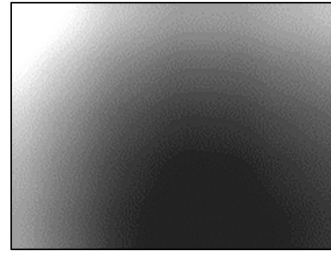
【図18】



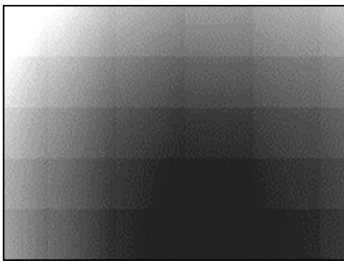
【図20】



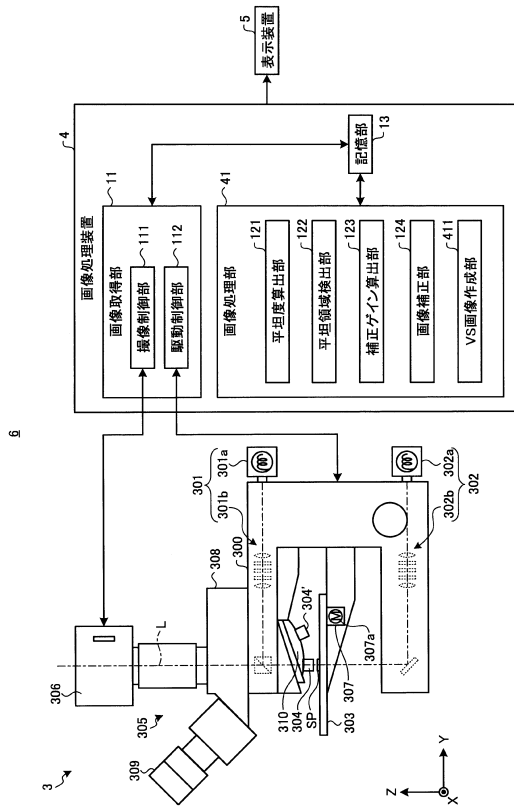
【図22】



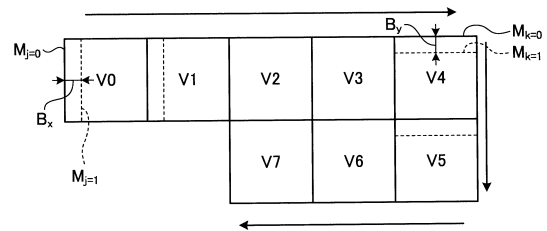
【図21】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-257422(JP,A)
特開2009-130395(JP,A)
特開2010-021649(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N	5/222	-	5/257
G02B	19/00	-	21/00
G02B	21/06	-	21/36
G06T	1/00	-	1/40
G06T	3/00	-	5/50
G06T	9/00	-	9/40