

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4043662号
(P4043662)

(45) 発行日 平成20年2月6日 (2008.2.6)

(24) 登録日 平成19年11月22日 (2007.11.22)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 T 1/00 (2006.01)
 G 0 6 T 5/20 (2006.01)
 H 0 4 N 5/232 (2006.01)
 H 0 4 N 1/60 (2006.01)

G 0 6 T 1/00 2 8 0
 G 0 6 T 5/20 C
 H 0 4 N 5/232 Z
 H 0 4 N 1/40 D

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-263003
 (22) 出願日 平成11年9月17日 (1999.9.17)
 (65) 公開番号 特開2001-84360 (P2001-84360A)
 (43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)
 審査請求日 平成16年8月5日 (2004.8.5)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100080159
 弁理士 渡辺 望穂
 (74) 代理人 100090217
 弁理士 三和 晴子
 (74) 代理人 100112645
 弁理士 福島 弘薫
 (72) 発明者 室岡 孝
 神奈川県南足柄市中沼210番地

富士写真フイルム株式会社内

審査官 岡本 俊威

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチバンド画像の画像処理方法および画像処理システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体を撮影する際に撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、この分割されたチャンネルに対応してスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラを用いて得られるマルチバンド画像を画像処理する方法であって、

前記スペクトル画像またはスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に、前記マルチバンドカメラの撮影感度の低いチャンネルのスペクトル画像または分光反射率スペクトル画像ほど、ノイズ抑制の強度を強くするノイズ抑制画像処理を施すことを特徴とするマルチバンド画像の画像処理方法。

【請求項 2】

前記撮影波長領域の複数分割は、液晶チューナブルフィルタによって行われる請求項 1 に記載のマルチバンド画像の画像処理方法。

【請求項 3】

前記ノイズ抑制画像処理が、ノイズの微小振幅成分を取り除くノイズ抑制画像処理である請求項 1 または 2 に記載のマルチバンド画像の画像処理方法。

【請求項 4】

前記ノイズ抑制画像処理が、メディアンフィルタ処理である請求項 3 に記載のマルチバンド画像の画像処理方法。

【請求項 5】

前記チャンネルの撮影感度のうち最大撮影感度を基準として、チャンネルの撮影感度の

感度比率が 0.1 以下のチャンネルのスペクトル画像または分光反射率スペクトル画像にメディアンフィルタ処理を施す請求項 4 に記載のマルチバンド画像の画像処理方法。

【請求項 6】

前記ノイズ抑制画像処理が、選択的局所平均化によるノイズ抑制画像処理である請求項 1 または 2 に記載のマルチバンド画像の画像処理方法。

【請求項 7】

被写体を撮影する際に、撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、この分割されたチャンネルに対応してスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラと、

このマルチバンドカメラによって撮影されたスペクトル画像またはこのスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のマルチバンド画像の画像処理方法を適用したノイズ抑制画像処理を施す画像処理装置とを備えたことを特徴とするマルチバンド画像の画像処理システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、チャンネル毎に同一被写体のスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラにおいて、スペクトル画像またはスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に含まれるノイズを抑制し、さらに除去するノイズ抑制画像処理の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】

今日、デジタル画像処理の進歩によって、赤（R）、緑（G）および青（B）の 3 原色を用いたカラー画像の他に、撮影波長領域を複数チャンネル、たとえば 4 チャンネル以上に分割し、チャンネル毎に同一被写体を撮影した複数のスペクトル画像からなるマルチバンド画像が種々の世界で利用されている。

【0003】

このマルチバンド画像は、撮影波長領域を複数チャンネルに分割する分光フィルタとこの分割されたチャンネル毎にスペクトル画像を撮影するカメラとからなるマルチバンドカメラによって撮影される。

すなわち、マルチバンドカメラは、一定の分光強度分布を持つ照明光で被写体を照らして得られる反射光を、チャンネル毎に異なる一定の分光透過率分布を有する分光フィルタに通過させ、一定の分光透過率分布を有するカメラの光学系レンズを介して、撮像素子の受光面に結像させることでスペクトル画像を得る。そのため、マルチバンドカメラで撮影した時の撮影感度、すなわち、被写体からの反射光の光量に対する画像濃度値の感度は、分光フィルタのフィルタ特性、すなわち分光透過率分布と撮影時の照明光の分光強度分布との積によって規定される。更に精密には、撮像素子の分光感度分布を積に含め、より精密にはカメラの光学系レンズの分光透過率分布の積を更に含めて規定される。

【0004】

その結果、分光フィルタの分光透過率分布および照明光の分光強度分布等によって規定されるマルチバンドカメラの撮影感度は、波長によって変化し、各チャンネルに対応するスペクトル画像は受光した光量に応じてオーバー露光傾向やアンダー露光傾向に成り易い。このような場合、撮影感度によってスペクトル画像がオーバー露光傾向やアンダー露光傾向とならないように、撮影時の露光積分時間を変化して光量を調整し、また撮影感度が各チャンネルの波長間で揃うように、ND フィルタを挿入して光強度を調整するのが一般的である。

しかし、マルチバンド画像は常に十分な光量を確保できる環境で撮影できないため、一般に、撮影感度の低い波長領域に合わせて撮影感度は調整されない。

すなわち、マルチバンドカメラの撮影感度は、波長に対して一定に揃えられておらず、波長に応じて変化し、チャンネルによって異なるのが一般的である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、このようなマルチバンドカメラで撮影されるマルチバンド画像は、上述したように撮影感度に応じて光量調整されないため、撮影感度の高いチャンネルのスペクトル画像は、ノイズの影響が小さく画質の劣化が少ない一方、撮影感度の低いチャンネルのスペクトル画像は、ノイズの影響が大きく画質の劣化が大きい。

例えば、白黒銀塩写真としてマルチバンド画像を得た場合、撮影感度の低いチャンネルのスペクトル画像は、粒状度が悪化する。また、CCD (charge-coupled device) カメラでマルチバンド画像を得た場合、撮影感度が低いチャンネルのスペクトル画像は白抜きのノイズや筋むらが目立ち易い。その結果、マルチバンド画像をカラー画像として表示した場合、撮影感度の低いチャンネルのスペクトル画像の影響を受けてカラー画像が劣化してしまう。

10

【0006】

そこで、本発明は、上記問題点を解決すべく、撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、この分割されたチャンネルに対応した同一被写体のスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラにおいて、マルチバンドカメラの撮影感度の影響により発生するノイズを効果的に抑制し、さらにノイズを除去し画質を向上させるマルチバンド画像のノイズ抑制画像処理方法およびノイズ抑制画像処理システムを提供することを目的とする。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

上記の目的を達成するために、本発明に係るマルチバンド画像の画像処理方法は、被写体を撮影する際に撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、この分割されたチャンネルに対応してスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラを用いて得られるマルチバンド画像を画像処理する方法であって、前記スペクトル画像またはこのスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に、前記マルチバンドカメラの撮影感度の低いチャンネルのスペクトル画像または分光反射率スペクトル画像ほど、ノイズ抑制の強度を強くするノイズ抑制画像処理を施すことを特徴とする。

20

【0008】

ここで、前記撮影波長領域の複数分割は、液晶チューナブルフィルタによって行われるのが好ましい。

【0009】

また、前記ノイズ抑制画像抑制が、ノイズの微小振幅成分を取り除くノイズ抑制画像処理であるのが好ましく、その際、前記ノイズ抑制画像抑制が、メディアンフィルタ処理であるのが好ましく、この場合、前記チャンネルの撮影感度のうち最大撮影感度を基準として、チャンネルの撮影感度の感度比率が0.1以下のチャンネルのスペクトル画像または分光反射率スペクトル画像にメディアンフィルタ処理を施すのが好ましい。

30

さらにまた、前記ノイズ抑制画像処理が、選択的局所平均化によるノイズ抑制画像処理であるのが好ましい。

【0010】

また、本発明に係るマルチバンド画像の画像処理システムは、被写体を撮影する際に、撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、この分割されたチャンネルに対応してスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラと、

40

このマルチバンドカメラによって撮影された前記スペクトル画像またはこのスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に、段落〔0007〕～〔0009〕に記載のマルチバンド画像の画像処理方法のいずれかを適用したノイズ抑制画像処理を施す画像処理装置とを備えたことを特徴とするものである。

【0011】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明のマルチバンド画像の画像処理方法、すなわちマルチバンド画像のノイズ抑制画像処理方法を実施する、本発明のマルチバンド画像のノイズ抑制画像処理システムについて、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。

50

なお、本実施例では、後述するように、マルチバンドカメラで撮影されたスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に対してノイズ抑制画像処理を施しているが、スペクトル画像自体にノイズ抑制画像処理を施してもよい。

また、本発明というマルチバンド画像のチャンネル数は、少なくとも４チャンネル以上であるが、８チャンネル以上であることが好ましい。

【００１２】

図１に、本発明のマルチバンド画像の画像処理システムの一実施例であるノイズ抑制画像処理システム（以降、本システムという）１０の構成を示す。本システム１０は、被写体０を撮影する際に撮影波長領域を複数チャンネルに分割し、この分割されたチャンネルに対応したスペクトル画像を撮影するマルチバンドカメラ１２と、このマルチバンドカメラ１２で撮影された複数のスペクトル画像の画像信号から、分光反射率スペクトル画像を推定して取得し、この分光反射率スペクトル画像に、本発明の画像処理方法であるノイズ抑制画像処理方法により画像処理を施して、ノイズ抑制済み分光反射率スペクトル画像を得る画像処理装置１４とを有して構成される。これにより、マルチバンドカメラ１２に起因するノイズを抑制、さらには除去したマルチバンド画像を得ることができる。

【００１３】

マルチバンドカメラ１２は、撮影波長領域を複数チャンネルに分割する液晶チューナブルフィルタ１６と、この液晶チューナブルフィルタ１６によって複数に分割されたチャンネル毎に同一の被写体０の複数のスペクトル画像を撮影するＣＣＤカメラ１８とを備える。

【００１４】

液晶チューナブルフィルタ１６は、被写体０からの反射光を複数のチャンネル毎に設定された波長領域で透過することができるよう、画像処理装置１４を形成するコンピュータから制御信号を受け取って所望のバンドパスフィルタとして機能する波長可変フィルタである。

すなわち、オペレータの設定したチャンネル数および各チャンネルに対応した波長領域に対応して、例えば、図２に示すようなピーク値を持つバンドパスフィルタを得ることができる。図２は、４１０～７１０ｎｍの撮影波長領域を１６のチャンネルで分割した例を示しているが、これによると、各チャンネルの分光透過率分布は、チャンネルの波長領域の中心波長でピーク値を持つものの、例えば、中心波長が７１０ｎｍの長波長側では分光透過率が０．６に近く、そこから波長が短くなるにつれて分光透過率分布のピーク値が低下し、中心波長が４１０ｎｍの短波長側では分光透過率が０．０６となって、中心波長が７１０ｎｍの分光透過率分布のピーク値の約１０分の１に減少するといった分光透過率分布の波長依存性を備えている。

【００１５】

そのため、上記分光透過率分布、照明光の分光強度分布および光学系レンズの分光透過率分布によって規定されるマルチバンドカメラ１２の撮影感度は、波長によって変化する。特に、液晶チューナブルフィルタ１６の分光透過率分布の上記波長依存性は、マルチバンドカメラ１２の撮影感度を規定する上で支配的となり、マルチバンドカメラ１２の撮影感度は液晶チューナブルフィルタ１６の分光透過率分布の波長依存性と同様の特徴を備える。

その結果、上述したように、撮影感度の高いチャンネルのスペクトル画像は、ノイズの影響が小さく画質の劣化が少ない一方、撮影感度の低いチャンネルのスペクトル画像は、ノイズの影響が大きく画質の劣化が大きくなるといった問題が生ずる。

本システム１０は、このノイズの影響が大きく画質の劣化が大きくなるといった問題を解決するために、後述する画像処理装置１４で処理を行っているのである。

なお、本実施例では、液晶チューナブルフィルタ１６を備えるが、これに制限されず、１素子で電氣的に分光透過率を瞬時に変化させる波長可変フィルタであればいずれでもよく、たとえば音響光学フィルタが挙げられる。

【００１６】

このような液晶チューナブルフィルタ１６を用いて撮影波長領域を複数チャンネル、例え

10

20

30

40

50

ば16チャンネルに分割し、同一の被写体Oを撮影して複数のスペクトル画像からなるマルチバンド画像をCCDカメラ18によって撮影する。

すなわち、CCDカメラ18は、所望の分光透過率分布に制御された液晶チューナブルフィルタ14を透過した透過光を、光学系のレンズを介してエリア状に配列したCCD素子の受光面で結像させ、波長領域の異なる各チャンネルごとに撮影被写体を撮影したスペクトル画像信号を得る撮影手段である。すなわち、チャンネル数が16チャンネルであれば、16枚のスペクトル画像の画像信号が得られる。

CCDカメラ18の画素数や画素サイズは制限されず、公知のサイズ、例えば1024×1024ピクセルであり、公知の画素サイズ、例えば12×12μmである。

得られたスペクトル画像の画像信号は、画像処理装置14に送られる。

10

【0017】

本実施例では、マルチバンドカメラの撮影手段として、CCDカメラ18を用いたが、これに制限されず、例えば、従来の光学系の銀塩写真撮影用カメラでもよい。この場合、白黒銀塩写真としてスペクトル画像を得ればよい。

【0018】

画像処理装置14は、マルチバンドカメラ12から送られたスペクトル画像の画像信号を得、この信号から被写体Oの分光反射率スペクトル画像を推定し取得するとともに、マルチバンドカメラ12の撮影感度に起因したノイズを抑制し、さらには除去する画像処理装置である。この画像処理装置14は、データ処理部20と、マクベス1次元LUT部22と、分光反射率推定部24と、ノイズ抑制処理部26と、データ記憶部28とを有して構成される。本実施例における画像処理装置14を構成する上記各構成部は、ソフトウェアの機能として、コンピュータで実行されるものであるが、ソフトウェアに限られず、構成部の一部または全部の機能が、ハードウェアで実施されるものであってもよい。

20

【0019】

データ処理部20は、CCDカメラ18で受光して得られた画像信号をA/D変換してデジタル画像データを得、DCオフセットの補正を行って、次いで暗時補正をかけ、この後、画像データをLOG変換し、シェーディング補正を行い、マルチバンド画像を構成するスペクトル画像の画像データ値（以降、この画像データ値をQL値という）を得、スペクトル画像を得る部分である。得られたスペクトル画像は、図示されないスペクトル画像記憶部に記憶される。また、スペクトル画像のQL値は、分光反射率推定部24に送られる。

30

【0020】

一方、マクベス1次元LUT部22は、被写体Oの撮影時に、マルチバンドカメラ12を用いて、被写体撮影時のチャンネル数および波長領域と同じ条件でマクベスチャートを撮影し、得られたマクベスチャートの画像のうち分光反射率が既知の6つのグレーパッチのQL値と、データ記憶部28に記憶されているグレーパッチの既知の分光反射率の値とを対応させたルックアップテーブル（以降、ルックアップテーブルをLUTという）を備える部分であり、分光反射率推定部24でスペクトル画像のQL値から分光反射率を算出する際に、このマクベス1次元LUT部22で作成されたマクベスグレー1次元LUTが参照されるように構成される。なお、本発明において用いられるチャートはマクベスチャートに限られず、分光反射率が既知であるチャートであればいずれであってもよい。

40

【0021】

分光反射率推定部24は、データ処理部18で得られた被写体を撮影した原画像の画像データのQL値から、マクベスグレー1次元LUTを参照して分光反射率の値に変換し、分光反射率の値を推定し、分光反射率スペクトル画像を取得する部分である。

マクベスグレー1次元LUTに参照するQL値のデータが存在しない場合は、内挿補間あるいは外挿補外等によって分光反射率の値を求めるが、内挿補間や外挿補外の方法は特に限定されず、公知の方法、たとえば直線補間やラグランジェ補間等の公知の方法が可能である。得られた分光反射率のデータは、ノイズ抑制処理部26に送られる。

【0022】

50

ノイズ抑制処理部 26 は、スペクトル画像に含まれるノイズを抑制し、さらに除去する処理部であり、チャンネルの撮影感度に応じて、スペクトル画像から得られた分光反射率スペクトル画像にノイズ抑制処理を施す。

ノイズ抑制は、各チャンネルの撮影感度のうち最大撮影感度を基準として、チャンネルの撮影感度の感度比率が 0.1 以下のチャンネルの分光反射率スペクトル画像に対してメディアンフィルタ処理を施す。

ここで、撮影感度の感度比率は、液晶チューナブルフィルタの分光透過率分布と撮影時の照明光の分光強度分布とカメラの光学系レンズの分光透過率分布の積によって定まる分光感度分布の積分値の比率によって定義される。

【0023】

図 2 に示される液晶チューナブルフィルタ 16 の分光透過率分布の場合、中心波長が 710 nm の長波長の分光透過率分布のピーク値に対して、中心波長が 410 nm の短波長の分光透過率分布のピーク値の比率が約 0.1 であり、マルチバンドカメラ 12 の中心波長が 410 nm の短波長の撮影感度の感度比率が、中心波長が 710 nm の長波長のチャンネルの撮影感度に対して、0.1 以下となる。その結果、撮影感度の低い中心波長が 410 nm のチャンネルのスペクトル画像は、ノイズの影響を受けて画質の劣化が大きくなる。そのため、中心波長が 410 nm であるチャンネルのスペクトル画像にメディアンフィルタ処理が施される。

【0024】

ここで、メディアンフィルタ処理とは、処理を施す注目画素を中心とした縦方向 3 画素と横方向 3 画素の計 9 画素の 9 個の分光反射率の値の中からメディアン値を選択して、このメディアン値を注目画素の分光反射率の値とする処理である。なお、本実施例のメディアンフィルタ処理は、縦、横方向の画素が 3 × 3 の画素領域で行うが、これに限られず、4 × 4 の画素領域、5 × 5 の画素領域等や 3 × 4 の画素領域、3 × 5 の画素領域等、また 4 × 3 の画素領域、5 × 3 の画素領域等で行うメディアンフィルタ処理であってもよい。

なお、本実施例は、ノイズ抑制処理方法としてメディアンフィルタ処理を行っているが、本発明におけるノイズ抑制画像処理はこれに限定されず、以下に示すようなノイズの抑制、さらには除去を行う公知のノイズ抑制（除去）処理方法であってもよい。

例えば、ノイズの微小振幅成分を取り除くノイズ抑制処理方法や選択的局所平均化によるノイズ抑制処理方法が挙げられる。

【0025】

ノイズ微小振幅成分を取り除くノイズ抑制処理方法とは、被写体 O を撮影した分光反射率スペクトル画像のエッジ領域や線領域などの分光反射率が大きく変化する大振幅の領域の分光反射率のデータを保持し、それ以外のノイズ領域の分光反射率のデータのゆらぎを抑制、除去する処理方法である。この処理方法として、ソフトウェア上でヒステリシス特性を作り、これによってノイズ領域の分光反射率のデータのゆらぎを吸収するヒステリシススムージング法 (R. W. Ehrich, "A symmetric hysteresis smoothing algorithm that preserves principal features," CGIP, vol. 8, pp. 121-126, August 1978) や、ノイズ領域の分光反射率のデータのゆらぎの振幅値に依存した座標系において低域フィルタリングを行い低振幅成分だけを抑制、除去する E フィルタ法 (P. P. Varoutas, L. R. Nardizzi, and E. R. Stokely, "Two-dimensional e-filtering applied to image processing," IEEE Trans., vol. SMC-6, pp. 410-419, June 1976) が挙げられる。また、これ以外の公知のノイズ抑制（除去）処理方法であってもよい。なお、上記メディアンフィルタ処理は、このノイズ抑制（除去）処理方法に含まれる。

【0026】

一方、選択的局所平均化によるノイズ抑制処理方法とは、被写体 O を撮影した分光反射率スペクトル画像のエッジ領域や線領域を検出し、これ以外の領域について平均化を行う手法である。この処理方法としては、5 × 5 の画素領域の近傍内の 9 種類のマスクの中から最も一様なマスクを選び、その中での平均値で注目画素の分光反射率の値を更新する、ボケ修正能力のあるエッジを保ったスムージング法 (M. Nagao and T. Matsuyama, "Edge p

10

20

30

40

50

reserving smoothing," ibid., vol. 9, pp. 394-407, April 1979) や、エッジ領域や線領域の存在を考慮して、 3×3 画素領域のマスクの重み係数を各画素に対してアダプティブに決定する反復による雑音除去法 (A. Lev, S.W. Zucker, and A. Rosenfeld, "Iterative enhancement of noisy images," IEEE Trans., vol. SMC-7, June 1977) や、 3×3 画素領域のマスク内で注目画素に似ている画素を選びだしその一様重み平均を求める局所的画素選択によるスムージング法 (浅野, 横矢, 大久保, 田中, "領域解析に適したフィルターの提案とその比較", 信学技報, PRL 77-13, 1977) が挙げられる。

【0027】

さらに、本発明の画像処理方法であるノイズ抑制画像処理方法は、各チャンネルに対応した分光反射率スペクトル画像のノイズ成分が各チャンネル間で無相関であることを利用してノイズ領域のノイズ成分のみを選択的に抑制し、除去する方法、例えば本出願人により出願された特願平 11-139247 号の「画像処理方法および画像処理装置」で示される画像処理方法や、特願平 11-178223 号の「画像処理方法および画像処理装置およびマルチバンドカラー写真システム」で示される画像処理方法であってもよい。

【0028】

また、モルフォロジーを利用したノイズ抑制画像処理方法であってもよい。たとえば、本出願人により出願された特願平 10-028400 号の「粒状抑制シャープネス強調画像処理方法と装置」で示される粒状抑制シャープネス強調画像処理方法や、特願平 10-054819 号の「粒状性抑制画像処理方法と装置」で示される粒状性抑制画像処理方法や、特願平 10-097403 号の「粒状抑制シャープネス強調画像処理と装置」で示される粒状抑制シャープネス強調画像処理の方法や、特願平 10-106059 号の「粒状抑制画像処理法と装置」で示される粒状抑制画像処理法や、特願平 10-106060 号の「粒状抑制シャープネス強調画像処理方法と装置」で示される粒状抑制シャープネス強調画像処理方法や、特願平 10-324751 号の「粒状抑制画像処理方法と装置」で示される粒状抑制画像処理方法が挙げられる。

【0029】

これら上述したノイズ抑制画像処理方法は、図 2 に示されるような液晶チューナブルフィルタ 16 の分光透過率分布の特性を示す場合、ノイズ抑制の強度を撮影感度に応じて変化させ、撮影感度の低いチャンネルの分光反射率スペクトル画像ほど、ノイズ抑制の強度を強くするように構成してもよい。

なお、本発明では、スペクトル画像から分光反射率のスペクトル画像を推定し取得しているが、必ずしもノイズ抑制画像処理を行う前に分光反射率スペクトル分布を推定する必要はなく、データ処理部 20 で得られたスペクトル画像にノイズ抑制画像処理を施してもよい。

【0030】

得られたノイズ抑制済み分光反射率スペクトル画像は、データ記憶部 28 に記憶されるとともに、画像処理装置 14 から出力される。

なお、本実施例の画像処理装置 14 において、上記構成部以外に、マルチバンド画像のチャンネル数を増やすために内挿補間して分光反射率のスペクトル分布のデータを内挿補間する補間処理部や、液晶チューナブルフィルタ 16 の分光透過率分布の波形が各チャンネル間で重なり合うことによって生じる分光反射率分布の鈍りを除去し、正確な分光透過率の値を得て分光反射率スペクトル画像を得るデコンボリューション処理部を備えてもよい。その際、液晶チューナブルフィルタ 16 の分光透過率分布が液晶の温度によって波長がシフトする温度依存性を考慮したフィルタ温度補正部を備えてもよい。

このように画像処理装置 14 は構成される。

【0031】

次に、本発明のマルチバンド画像の画像処理方法について、上記本システム 10 を一実施例として説明する。

図 3 は、本システム 10 のマルチバンドカメラ 12 で撮影された複数のスペクトル画像から分光反射率スペクトル画像を求め、ノイズ抑制画像処理を行い、ノイズ抑制済み分光反

10

20

30

40

50

射率スペクトル画像を得る処理の流れを説明している。

【 0 0 3 2 】

まず、液晶チューナブルフィルタ 1 6 が所望の分光透過率分布を備えるバンドパスフィルタとなるように、画像処理装置 1 4 を形成するコンピュータから制御信号を受け取り、所望の分光透過率分布を得る。一方、照明光 L が被写体 O から反射されてできた反射光を所望の分光透過率分布を持つ液晶チューナブルフィルタ 1 6 に透過させ、これを CCD カメラ 1 8 で受光して撮影を行い、画像信号を得る。この画像信号は、画像処理装置 1 4 のデータ処理部 2 0 に送られ上述したデータ処理が施され、デジタル化されたスペクトル画像の画像データ値 (Q L 値) を得る。得られた Q L 値は、図示されないスペクトル画像記憶部に記憶される。

10

【 0 0 3 3 】

次に、画像処理装置 1 4 を形成するコンピュータから制御信号を受け、液晶チューナブルフィルタ 1 6 の分光透過率分布が、次のチャンネルの分光透過率分布に調整される。そして、上述した前のチャンネルと同様に、被写体 O からの反射光を上記分光透過率分布を持つ液晶チューナブルフィルタ 1 6 に透過させ、CCD カメラ 1 8 で撮影し、画像信号を得る。その後、データ処理部 2 0 に送られスペクトル画像の Q L 値を得る。

このようにして、設定された複数のチャンネル毎に液晶チューナブルフィルタ 1 6 の分光透過率分布を変化させ、CCD カメラ 1 8 で撮影して、設定されたチャンネルに対応したスペクトル画像を得る。

20

【 0 0 3 4 】

また、被写体 O の撮影の際に、同時にマクベスチャートを撮影して、マクベスチャートのマルチバンド画像を得る。このマクベスチャートのマルチバンド画像についても被写体 O のマルチバンド画像と同様に、データ処理部 2 0 でデータ処理されて Q L 値を得る。一方、マクベスチャートの 6 つのグレーパッチは、分光反射率の値が既知であり、予めデータ記憶部 2 8 にマクベス分光反射率データとして記憶されており、この分光反射率データを呼び出して、マクベスチャートの 6 つのグレーパッチの分光反射率の値と上記得られた Q L 値との対応付けを各チャンネル毎に行い、マクベス 1 次元 L U T 部 2 2 にマクベスグレー 1 次元 L U T を作成する。

なお、本実施例では、マクベスチャートの撮影は被写体 O の撮影と同時であるが、これに制限されず、被写体 O の撮影の前後に、チャンネル数や波長間隔が被写体 O の撮影と同一の条件によってマルチバンドカメラ 1 2 で撮影してもよい。

30

【 0 0 3 5 】

次に、被写体 O を撮影したスペクトル画像の Q L 値から、チャンネル毎にマクベスグレー 1 次元 L U T を参照して、分光反射率の値を得、分光反射率の推定を行い、各チャンネル毎の分光反射率スペクトル画像を得る。マクベスグレー 1 次元 L U T を参照の際、参照する Q L 値がマクベスグレー 1 次元 L U T にない場合、適宜内挿補間や外挿補外等されて分光反射率の値に変換される。

このようにして得られた光反射率スペクトル画像に対して、ノイズ抑制画像処理が施される。

40

【 0 0 3 6 】

ノイズ抑制画像処理は、メディアンフィルタによるメディアンフィルタ処理であり、各チャンネルの撮影感度のうち最大撮影感度を基準として、チャンネルの撮影感度の感度比率が 0 . 1 以下のチャンネルの分光反射率スペクトル画像に対してメディアンフィルタ処理を施す。

つまり、マルチバンドカメラ 1 2 の各チャンネルの撮影感度に応じて、複数のチャンネルからなる分光透過率スペクトル画像には、メディアンフィルタ処理の施される画像とメディアンフィルタ処理の施されない画像とが存在することになる。

得られた処理画像は、ノイズ抑制済み分光反射率スペクトル画像としてデータ記憶部 2 8 に保存され、また画像処理装置 1 4 の処理画像として出力される。

【 0 0 3 7 】

50

上述したように、本発明における画像処理方法はメディアンフィルタ処理方法に限定されず、公知のノイズ抑制（除去）処理方法、例えば、ノイズの微小振幅成分を取り除くノイズ抑制処理方法や選択的局所平均化によるノイズ抑制処理方法であってもよく、さらに、上述したように、各チャンネルに対応した分光反射率スペクトル画像のノイズ成分が各チャンネル間で無相関であることを利用してノイズ領域のノイズ成分のみを選択的に抑制、除去する方法や、モルフォロジーを利用したノイズ抑制処理方法であってもよい。この場合、ノイズ抑制の強度を撮影感度に応じて変化させ、撮影感度の低いチャンネルの分光反射率スペクトル画像ほど、ノイズ抑制の強度を強くするように構成してもよい。

また、本発明のマルチバンド画像の画像処理方法であるノイズ抑制画像処理方法において、マルチバンドカメラ 12 で撮影されたスペクトル画像から得られる分光反射率スペクトル画像に対してノイズ抑制画像処理を施しているが、スペクトル画像自体にノイズ抑制画像処理を施してもよい。また、スペクトル画像自体にノイズ抑制画像処理を施した後、分光反射率スペクトル画像を得てもよい。

【0038】

このようなマルチバンド画像の画像処理方法および画像処理システムにおいて、以下のようなマルチバンドカメラによる撮影と画像処理を行った。

CCDカメラ 18 として、DALLSA 社製 CA-D4-1024A（ピクセル数 1024×1024 、ピクセルサイズ 12×12 ミクロン、PCI インターフェース付き、モノクロ）を用い、液晶チューナブルフィルタ 16 として、CRI 社製 Varispec Tunable Filter（液晶チューナブルフィルタ）を用いた。この液晶チューナブルフィルタは、 $400 \sim 720 \text{ nm}$ のフィルタ波長範囲内で、分光透過率分布の中心波長を任意に選択でき、その分布の波長の半値幅の平均値が 30 nm であり、分光透過率は波長によって変化し $6 \sim 60\%$ であった。

分光反射率スペクトル推定装置として、PROSIDE 社製ブック型 PC（パーソナルコンピュータ）を用い、Windows 95 上で分光反射率のスペクトル分布を推定するためのソフトウェアを C++ 言語で作成した。なお、PROSIDE 社製ブック型 PC は、CPU が 166 MHz であり、RAM は 128 Mbyte であった。

【0039】

撮影の光源としてメタルハライドランプを用い、撮影被写体の照度を 12000 lux とした。撮影に使用した撮影レンズは Nikomat（ $f = 50 \text{ mm}$ 、 $F1.4$ ）を用いた。

また、撮影波長範囲 $410 \text{ nm} \sim 710 \text{ nm}$ を 16 分割して 16 チャンネルとし、各波長間隔を 20 nm とした。撮影は、人物顔とマクベスチャートとを同時に撮影した。また液晶チューナブルフィルタの分光透過率分布を各分割したチャンネルに応じて変化させて撮影し、マルチバンド画像を構成する原画像を 16 枚得た。撮影時の絞り値は $F2.8$ であった。撮影時間は 1 ショット 25 m 秒であり、マルチバンド画像の撮影全体に 3 秒を要した。

【0040】

まず、各チャンネルに対応するスペクトル画像中のマクベスチャート画像のうち分光反射率が既知の 6 つのグレーパッチから、このグレーパッチの画像データ値（QL 値）を各チャンネル毎に得、このグレーパッチ画像の QL 値とこのグレーパッチの既知の分光反射率の値との対応付けを行い、各チャンネル毎にマクベスグレー 1 次元 LUT を作成した。その後、スペクトル画像の QL 値から、先に作成したマクベスグレー 1 次元 LUT を用いて分光反射率スペクトル画像を得た。

【0041】

その後、処理 a として、D50 光源での等色関数により、 $CIE L^* a^* b^*$ 色空間の L^* 、 a^* および b^* の値を求め、ピクトログラフィにカラー画像を出力した。

一方、処理 b として、16 チャンネルの撮影感度のうち最大撮影感度を基準として、チャンネルの撮影感度の感度比率が 0.1 以下のチャンネルの分光反射率スペクトル画像に対して、 3×3 画素の画素領域でのメディアンフィルタ処理を施し、その後、 $CIE L^* a^* b^*$ 色空間の L^* 、 a^* および b^* の値を求め、ピクトログラフィにカラー画像を出力

した。

【 0 0 4 2 】

その結果、処理 a で得られたカラー画像には、白ぼつ状のノイズが目立ち画質が劣化していたのに対し、処理 b では、明らかにノイズが少なく画質が向上した。

このように、本発明のマルチバンド画像の画像処理方法および画像処理システムを用いることで、マルチバンドカメラの撮影感度に起因したノイズの抑制、さらにはノイズの除去が可能であり、画質が向上することは明白である。

【 0 0 4 3 】

以上、本発明のマルチバンド画像の画像処理方法および画像処理システムについて詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。

【 0 0 4 4 】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、撮影波長領域を複数に分割し、チャンネル毎に同一被写体を撮影してマルチバンド画像を得るマルチバンドカメラにおいて、マルチバンドカメラの撮影感度の影響により発生するノイズを効果的に抑制し、また除去し、画質を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のマルチバンド画像の画像処理システムの一例の概略を示すブロック図である。

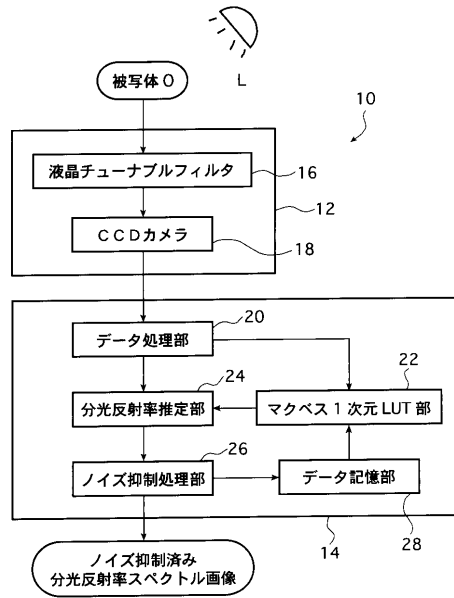
【図 2】 図 1 で示される液晶チューナブルフィルタの分光透過率分布の一例を示す説明図である。

【図 3】 本発明のマルチバンド画像の画像処理方法を説明する説明図である。

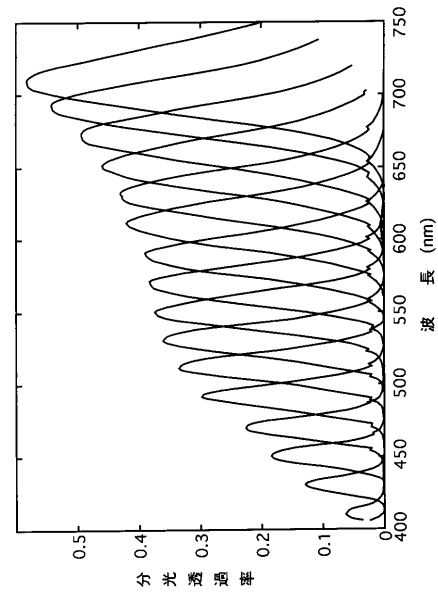
【符号の説明】

- 1 0 マルチバンド画像のノイズ抑制画像処理システム
- 1 2 マルチバンドカメラ
- 1 4 画像処理装置
- 1 6 液晶チューナブルフィルタ
- 1 8 CCDカメラ
- 2 0 データ処理部
- 2 2 マクベス1次元LUT部
- 2 4 分光反射率推定部
- 2 6 ノイズ抑制処理部
- 2 8 データ記憶部

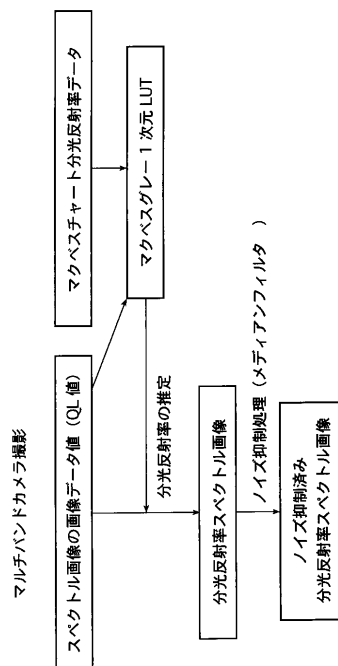
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 8 5 9 5 2 (J P , A)

富永昌治 高橋悦史, 6色カメラによる分光情報の推定, 電子情報通信学会論文誌, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 1999年 7月25日, VOL.82-D-2 NO.7, p1180-1189

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

G06T 1/00

G06T 5/00 - 5/20

H04N 1/60

H04N 5/232