

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5907590号
(P5907590)

(45) 発行日 平成28年4月26日(2016.4.26)

(24) 登録日 平成28年4月1日(2016.4.1)

(51) Int.Cl.

H04N 9/07 (2006.01)

F I

H04N 9/07

C

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-129820 (P2011-129820)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年6月10日 (2011.6.10)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-257140 (P2012-257140A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成24年12月27日 (2012.12.27)	(74) 代理人	100110412
審査請求日	平成26年6月10日 (2014.6.10)		弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	小松 知
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	鈴木 肇

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カラー画像に対して色にじみを軽減する処理を行う画像処理装置であって、
色にじみを軽減するための補正量を領域ごとに推定する推定手段と、
前記推定手段によって推定された複数の領域の複数の補正量を平滑化する平滑化手段と

、
前記平滑化手段で平滑化された補正量を使用して色にじみを軽減する軽減手段と、
を有し、

前記複数の領域は、第1の領域と該第1の領域の周辺領域である複数の第2の領域からなり、

前記平滑化手段は、前記第1の領域の第1の補正量がゼロではなく前記複数の第2の領域の複数の第2の補正量が全てゼロである場合には、前記第1の補正量をゼロに置き換えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記平滑化手段は、前記複数の第2の補正量の全てがゼロでない場合には、前記第1の補正量を、前記第1の補正量および前記複数の第2の補正量を平均化することによって得られる値に置き換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】

前記推定手段は、色成分毎の隣接画素間の信号強度の傾きを利用して前記色にじみの補正量を推定することを特徴とする請求項1または2に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

カラー画像に対して色にじみを軽減する処理を行う画像処理方法であって、
色にじみを軽減するための補正量を領域ごとに推定する推定工程と、
前記推定工程によって推定された複数の領域の複数の補正量を平滑化する平滑化工程と

、
前記平滑化工程で平滑化された補正量を使用して色にじみを軽減する軽減工程と、
を有し、

前記複数の領域は、第 1 の領域と該第 1 の領域の周辺の領域である複数の第 2 の領域からなり、

前記平滑化工程は、前記第 1 の領域の第 1 の補正量がゼロではなく前記複数の第 2 の領域の複数の第 2 の補正量が全てゼロである場合には、前記第 1 の補正量をゼロに置き換えることを特徴とする画像処理方法。

10

【請求項 5】

コンピュータを、

色にじみを軽減するための補正量を領域ごとに推定する推定手段、

前記推定手段で算出された複数の領域の複数の補正量を平滑化する平滑化手段、

前記平滑化手段で平滑化された補正量を使用して色にじみを軽減する軽減手段、

として機能させるためのプログラムであって、

前記複数の領域は、第 1 の領域と該第 1 の領域の周辺領域である複数の第 2 の領域からなり、

20

前記平滑化手段は、前記第 1 の領域の第 1 の補正量がゼロではなく前記複数の第 2 の領域の複数の第 2 の補正量が全てゼロである場合には、前記第 1 の補正量をゼロに置き換えることを特徴とするプログラム。

【請求項 6】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カラー画像に対して色にじみを軽減する画像処理装置、画像処理方法およびプログラムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

カラー撮像系では結像光学系の色収差により、画像上で明るい部分の周囲に本来存在しない色が色にじみとして生じる。特許文献 1 は、色にじみの補正量を推定して色成分ごとの補正量を入力カラー画像から減算することにより色にじみを軽減する画像処理方法を提案している。また、特許文献 2 では、白とび画素周辺の紫色領域を色にじみ領域と判定して、それらの色にじみ画素を色にじみ領域の近傍画素と置き換えることで色にじみを軽減している。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 147980 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 014261 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献 1 の画像処理方法では隣接する画素において補正量にばらつきが発生することがある。特に、色成分毎の隣接画素間の画像強度傾斜によって色にじみの補正量を推定する推定手段を使用する場合には、ばらつきが生じやすい。そして、画素ごとにば

50

らつきのある補正量を入力カラー画像から差し引くことで色にじみ軽減画像に入力カラー画像には無かったノイズが発生してしまうおそれがある。

【0005】

一方、特許文献2の画像処理方法では、色にじみ領域を周辺画素で置き換えることによって、その後置き換えによって発生したばらつきを軽減するばかり処理を行っているが、色にじみ領域とその周辺領域のシャープネスが損なわれやすい。

【0006】

このように従来の色にじみ軽減処理では、入力カラー画像には無かったノイズが発生するという問題や、色にじみ領域とその周辺領域のシャープネスが損なわれるという問題がある。

10

【0007】

本発明は、色にじみが軽減された画像のシャープネスの低下を防止する画像処理装置、画像処理方法およびプログラムを提供することを例示的な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の画像処理装置は、カラー画像に対して色にじみを軽減する処理を行う画像処理装置であって、色にじみを軽減するための補正量を領域ごとに推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された複数の領域の複数の補正量を平滑化する平滑化手段と、前記平滑化手段で平滑化された補正量を使用して色にじみを軽減する軽減手段と、を有し、前記複数の領域は、第1の領域と該第1の領域の周辺領域である複数の第2の領域からなり、前記平滑化手段は、前記第1の領域の第1の補正量がゼロではなく前記複数の第2の領域の複数の第2の補正量が全てゼロである場合には、前記第1の補正量をゼロに置き換えることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、色にじみが軽減された画像のシャープネスの低下を防止する画像処理装置、画像処理方法およびプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

30

【図1】本発明の撮像装置のブロック図である。（実施例1）

【図2】図2（a）は、高輝度な被写体に対するRプレーン、Bプレーン及びGプレーンの典型的なプロファイルを示す図であり、図2（b）は非線形変換の特性を示す図である。（実施例1）

【図3】図1に示す補正手段の動作を示すフローチャートである。（実施例1）

【図4】図4（a）は補正量に対する孤立点除去の例を示す図であり、図4（b）は補正量に対する平滑化の例を示す図である。（実施例1）

【図5】本発明の撮像装置のブロック図である。（実施例2）

【図6】図6（a）は、高輝度な被写体に対するBプレーン及びGプレーンの典型的なプロファイルを示すグラフであり、図6（b）は、飽和画素から周囲の各画素までの距離を示す図であり、図6（c）は、周囲の画素から飽和画素までの距離を示す図である。（実施例2）

40

【図7】色度座標を示す図である。（実施例2）

【図8】本発明の画像処理装置のブロック図である。（実施例3）

【図9】図9（a）は明暗の境界部における赤色のにじみを示す図であり、図9（b）はガンマ補正を示す図である。（実施例3）

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

50

【 0 0 1 2 】

図 1 は、カラー画像に対して色にじみを軽減する実施例 1 の画像処理装置を有する撮像装置 1 0 0 のブロック図である。撮像装置 1 0 0 は、結像光学系 1 1 0、イメージセンサ（撮像素子）1 2 0、A D 変換部 1 3 0、デモザイク部 1 4 0、色にじみ軽減部 1 5 0、視覚補正部 1 6 0、圧縮部 1 7 0、記録部 1 8 0 を有する。

【 0 0 1 3 】

図 1 において、写野（被写体）f は、結像光学系 1 1 0 を経てイメージセンサ 1 2 0 上に結像する。本実施例の結像光学系 1 1 0 は全ての波長域においてある程度の色収差が補正されているが、特に G 波長域での色収差が良好に補正されており、他波長では G 波長域より色収差が残存している。色収差の補正基準を下げることにより、その他の収差補正や、小型化、低コスト化をより高い水準で実現できる。

10

【 0 0 1 4 】

イメージセンサ 1 2 0 は、被写体像を光電変換し、一般的な原色カラーフィルタ系を備える単板カラーイメージセンサとする。原色カラーフィルタ系は、特許文献 1 の図 4 に示すように、各々 6 5 0 n m、5 5 0 n m、4 5 0 n m 近傍に透過主波長帯を持つ 3 種類の色フィルタからなり、各々 R、G、B の各バンドに対応する色成分を撮影する。単板カラーイメージセンサでは、この色フィルタは、特許文献 1 の図 5 に示すように、画素毎に空間的に配列し、各画素に対しては各々単一の色成分における強度を得ることしかできない。このためイメージセンサからは色モザイク画像が出力される。或いは、色分解プリズムを用いて R、G、B の波長域に分け、それぞれ異なるイメージセンサで結像する 3 板式カラーイメージセンサを用いてもよい。この場合、デモザイク部 1 4 0 は不要となる。

20

【 0 0 1 5 】

A D 変換部 1 3 0 では、イメージセンサからアナログ電圧として出力される色モザイク画像を画像処理に適するデジタルデータへと変換する。

【 0 0 1 6 】

デモザイク部 1 4 0 では、色モザイク画像を補間することによって、全ての画素において R G B の色情報が揃ったカラー画像を生成する。なお、補間手法は限定されない。生成されたカラー画像は結像光学系 1 1 0 の色収差によって、G 成分に比して R や B 成分の解像度が劣る画像となる。このため明暗の境界部では、特許文献 1 の図 6 に示すように、赤や青がぼやけ、明部の周囲に赤や青、両者が混じった紫の縁取りのようなアーティファクトが生じる。ここで、結像光学系の特性及び画像中の光源の分光分布等により R、B のにじみの程度が異なる。なお、イメージセンサ 1 2 0 が補色系カラーフィルタの場合でも、色変換処理によって同様に R、G、B の色成分からなるカラー画像が得られる。

30

【 0 0 1 7 】

色にじみ軽減部 1 5 0 は、後述するように、空間的な演算を行い色にじみ領域を抽出し、色にじみ量を推定して入力カラー画像から推定量を減算等の処理により軽減する画像処理装置を構成する。

【 0 0 1 8 】

次に、視覚補正部 1 6 0 により、主として画像の見栄えを改善するための処理（例えば、トーンカーブ（ガンマ）補正、彩度強調、色相補正、エッジ強調）がカラー画像に対し行われる。

40

【 0 0 1 9 】

次に、圧縮部 1 7 0 が、補正されたカラー画像を J P E G 等の方法で画像圧縮を行い、記録時のサイズを小さくする。

【 0 0 2 0 】

これらイメージセンサ 1 2 0 から記録部 1 8 0 は実際には別体のデバイスとは限らず、単一のマイクロプロセッサ（マイクロコンピュータ）が複数の部に係る処理を行うこともある。圧縮処理が行われたデジタル画像信号は、記録部 1 8 0 にてフラッシュメモリ等の記録媒体に記録される。

【 0 0 2 1 】

50

以下、色にじみ軽減部 150 による画像処理について説明する。色にじみ軽減部 150 は、推定手段 151、平滑化手段 152、軽減手段 153 を有し、この順番で入力画像を処理して出力画像を出力する。色にじみ軽減部 150 は、R 成分、B 成分を軽減対象とし、基準成分として G 成分を用いる。

【0022】

まず、推定手段 151 による色にじみの有無とその補正量の推定方法の一例について説明する。図 2(a) は、高輝度な被写体に対する R、G 及び B 成分の典型的なプロファイルを示し、横軸は画像上の断面であり、縦軸は R、G 及び B 成分の強度である。

【0023】

特許文献 1 に説明されているように、撮影画像としては本来の高輝度被写体より一回り大きく R、G、B 成分が飽和し、白く飽和した領域ができる。R 成分と B 成分はほぼ同じプロファイルとする。この先、G 成分は減衰していくが R 及び B 成分の飽和半径は更に広いため、徐々に G 成分と R 及び B 成分の画像強度差は大きくなるため、マゼンタとなり色味を増していく。しかし、R 及び B 成分の飽和半径に達すると R、B 成分も減衰を始め、この先では G 成分と R、B 成分の画像強度差は小さくなっていき、紫のにじみとなっていく。あるところで、G 成分の裾の端に達すると、その先は R、B 成分のみが強度を持ち、より彩度の高い紫のにじみへと変化していく。

【0024】

このマゼンタや紫のにじみが輝度飽和領域周辺の色として不自然なものとなる。仮に、R、B 成分のにじみが G 成分と同程度であれば、マゼンタや紫のにじみは発生せず高輝度被写体の色と認識され、自然なにじみとなる。

【0025】

そこで、推定手段 151 は、隣接画素間の色成分毎の信号強度の傾き（勾配）によって色にじみ量とそれを軽減するための補正量を画素ごとに（領域ごとに）推定する。より具体的には、推定手段 151 は、色成分毎に信号強度の傾きの分布を表すマップを計算して傾き量によって色にじみ領域を推定し、更に得られた信号強度の傾きによって色にじみ量を推定する。この場合、推定手段 151 は、信号強度の傾き算出工程（ステップ）、色にじみ判定工程（ステップ）、色にじみ量推定工程（ステップ）を行う。

【0026】

信号強度の傾き算出工程では、推定手段 151 は、R、G、B 各色成分に対する信号強度の傾き R、G、B を次式によって計算する。

【0027】

【数 1】

$$\nabla R = \left(\frac{dR}{dx}, \frac{dR}{dy} \right) \equiv \left(\frac{R(x+1,y)-R(x-1,y)}{2}, \frac{R(x,y+1)-R(x,y-1)}{2} \right)$$

【0028】

【数 2】

$$\nabla G = \left(\frac{dG}{dx}, \frac{dG}{dy} \right) \equiv \left(\frac{G(x+1,y)-G(x-1,y)}{2}, \frac{G(x,y+1)-G(x,y-1)}{2} \right)$$

【0029】

【数 3】

$$\nabla B = \left(\frac{dB}{dx}, \frac{dB}{dy} \right) \equiv \left(\frac{B(x+1,y)-B(x-1,y)}{2}, \frac{B(x,y+1)-B(x,y-1)}{2} \right)$$

【0030】

ここで、 $R(x+1, y)$ 、 $G(x+1, y)$ 、 $B(x+1, y)$ は R、G、B 成分における注目画素右隣の画素値である。 $R(x-1, y)$ 、 $G(x-1, y)$ 、 $B(x-1, y)$ は R、G、B 成分における注目画素左隣の画素値である。 $R(x, y+1)$ 、 $G(x, y+1)$ 、 $B(x, y+1)$ は R、G、B 成分における注目画素上隣の画素値である。 $R(x, y-1)$ 、 $G(x, y-1)$ 、 $B(x, y-1)$ は R、G、B 成分における注目画素下隣の画素値である。

10

20

30

40

50

$x, y+1$)、 $B(x, y+1)$ はR、G、B成分における注目画素下隣の画素値である。 $R(x, y-1)$ 、 $G(x, y-1)$ 、 $B(x, y-1)$ はR、G、B成分における注目画素上隣の画素値である。算出範囲を大きくしたり、斜め画素も使うなど他の方法を使用してもよい。

【0031】

色にじみ判定工程では、推定手段151は、色にじみ領域を信号強度の傾きで判断し、傾き量がある値以上の場合には色にじみであるとする。この際にR、Bの信号強度の傾きのみではなく、基準成分であるGの信号強度の傾きも算出して比較することにより、より正確に色にじみ領域を特定することができる。例えば、Gの信号強度の傾きに対してR、Bの信号強度の傾きが大きい場合、色にじみである可能性が高いと判断する。ここで、信号強度の傾きの閾値、あるいは信号強度の傾き比の閾値を変えることにより、色にじみ領域の効果的に特定することができる。

10

【0032】

最後に色にじみ量推定工程では、推定手段151は、次式に示すように、R、G、Bの絶対値にパラメータ k_R 、 k_G 、 k_B を乗じて色にじみ推定量 E_R 、 E_G 、 E_B を算出する。

【0033】

【数4】

$$E_R = k_R |\nabla R|$$

20

【0034】

【数5】

$$E_G = k_G |\nabla G|$$

【0035】

【数6】

$$E_B = k_B |\nabla B|$$

【0036】

ここで、 E_G はR、Bが飽和している領域の推定量として使用する。例えば、R成分の強度に対する非線形変換を行い、飽和度 S_R を生成する。この非線形変換はRが飽和しているかどうかを示すものであり、Rの強度が飽和している領域では1を、Rの強度が飽和していない場合は0となる。

30

【0037】

このように S_R は0/1の2値でも良いが、図2(b)に示すように、0~1にかけて連続的に変化する値としてもよい。そして、飽和度 S_R によって算出した E_R 又は E_G を選択する。すなわち、 S_R が0/1の2値であれば新たな推定量 E_R' を次式のようにする。

【0038】

【数7】

$$E_R' = \begin{cases} E_R (S=0) \\ E_G (S=1) \end{cases}$$

40

【0039】

また、 S_R が0~1にかけて連続的に変化する値であれば、新たな推定量 E_R' を次式のようにし、これを色にじみを除去または軽減するための補正量とする。

【0040】

【数8】

$$E_R' = (1 - S_R) E_R + S_R E_G$$

50

【 0 0 4 1 】

同様に E_B' は数式 9 または 10 のようになる。

【 0 0 4 2 】

【 数 9 】

$$E_B' = \begin{cases} E_B (S=0) \\ E_G (S=1) \end{cases}$$

【 0 0 4 3 】

【 数 10 】

$$E_B' = (1 - S_B) E_B + S_B E_G$$

10

【 0 0 4 4 】

平滑化手段 152 は、推定手段 151 で算出された補正量 E_R' および E_B' に対して色成分毎に複数の画素を含む領域において平滑化処理を行う。「平滑化」とは、一般に、連続的なデータ処理において他のデータよりも大きく乖離しているデータを平均化あるいは除去することにより、ノイズ成分を除去して合理性を保つことである。

【 0 0 4 5 】

ここで、「除去」について、本実施例では孤立点を除去しているが（後述する孤立点除去工程 152b）、所定数以下の画素が補正量を有し、その周辺画素が補正量を有しない場合に前記所定数以下の画素を除去してもよい。また、ノイズを除去または低減できる限り、後述するノイズ除去フィルタを使用するなど他の手段を使用してもよい。

20

【 0 0 4 6 】

また、「平均化」は本実施例では加重平均であるが（後述する平均化工程 152c）、単純平均など平均の種類は問わない。

【 0 0 4 7 】

補正量 E_R' 、 E_B' は、信号強度の傾きおよび信号強度の傾斜比を閾値によって色にじみ画素と特定された画素に対してのみ値を持つ。信号強度の傾きおよび信号強度の傾斜比を用いた色にじみ画素の特定は効果的であるが、ノイズの影響などにより誤判定される画素もある。

【 0 0 4 8 】

30

例えば、色にじみではない領域に 1 画素だけ補正量を持つ場合が発生したり、色にじみ領域であるのに 1 画素だけ色にじみと判定されない場合などが発生する。同様に、補正量は E_R' 、 E_B' は前述のように信号強度の傾きに依存するため、ノイズの影響で隣接画素であっても補正量が大きく異なる可能性がある。また、飽和領域と非飽和領域の境界では補正量に段差が生じる可能性がある。

【 0 0 4 9 】

このように補正量 E_R' 、 E_B' にはムラが発生する可能性があり、補正量 E_R' 、 E_B' をそのまま用いて色にじみ軽減を行うと色にじみ軽減画像にもムラが発生してしまう。よってこのムラを低減するために平滑化手段 152 が必要となる。

【 0 0 5 0 】

40

平滑化手段 152 は、図 3 に示すように、周辺補正量確認工程（ステップ）152a、孤立点除去工程（ステップ）152b、平均化工程（ステップ）152cを行う。

【 0 0 5 1 】

ここでは R 成分を例に平滑化処理を説明する。周辺補正量確認工程 152a では、ある注目画素 (x, y) の補正量 $E_R'(x, y)$ とその周辺画素の補正量 $E_R'(x', y')$ 、例えば、注目画素 (x, y) を中心とした 3×3 画素領域 $(x' = x - 1, x, x + 1, y' = y - 1, y, y + 1)$ を取得する。なお、周辺領域は 3×3 画素領域に限定するものではなく、画素数、画素サイズなどにより最適な領域を選ぶものとする。

【 0 0 5 2 】

次に、平滑化手段 152 は、注目画素 (x, y) における補正量 $E_R'(x, y)$ およ

50

び周辺画素の補正量 $E_R'(x', y')$ のうち 0 でない補正量が 1 画素であるかどうかを判断する。平滑化手段 152 は、1 画素の場合は、孤立点除去工程 152 b へ、それ以外の場合（複数画素の補正量が 0 でない場合）は平均化工程 152 c へ移行する。

【0053】

孤立点除去工程 152 b は、注目画素 (x, y) およびその周辺画素の補正量のうち 1 画素のみが補正量を持つ場合のうち、注目画素 (x, y) のみ補正量をもっている場合に行われる。この場合、注目画素における補正量算出に誤りがあったと判断し、補正量 $E_R'(x, y)$ を次式に示すように置き換える（図 4 (a)）。

【0054】

【数 11】

$$E_R'(x, y) = 0$$

【0055】

周辺画素 1 画素のみが補正量を持つ場合は補正量 $E_R'(x, y)$ を変更しない。これによって周囲には補正量がなく注目画素のみが補正量を持つ孤立した補正画素を無くすることができ、ノイズを軽減することが可能となる。

【0056】

なおここでは、注目画素 1 画素のみが補正量を持つ場合を誤りとしたが、周辺領域を広くした場合など必ずしも 1 画素のみが補正量を持つ場合を誤りとみなすとは限らない。例えば、 5×5 領域を確認する場合では、中心部の 2 画素、3 画素が補正量を持つ場合等も誤りとみなしてもよい。このように注目画素周辺をどの程度確認するかによって孤立点とみなす大きさを最適な値に変えても良く、孤立点を 1 画素に限定するものではない。

【0057】

平均化工程 152 c では、平滑化手段 152 は、注目画素 (x, y) の補正量 $E_R'(x, y)$ を周辺領域の補正量 $E_R'(x', y')$ を用いて平均化する。平均化方法としては、例えば周辺の補正值を用いた加重平均を行う。 3×3 領域の場合、補正值 $E_R'(x, y)$ は次式に示すように平均化される。ここで W は重み係数である。（図 4 (b) 参照）

【0058】

【数 12】

$$E_R'(x, y) = \frac{w_1 E_R'(x-1, y-1) + \dots + w_5 E_R'(x, y) + \dots + w_9 E_R'(x+1, y+1)}{w_1 + \dots + w_9}$$

【0059】

補正量に対し加重平均をとることで、補正量を滑らかにしつつ補正量のエッジを保存する。例えば、注目画素 (x, y) の補正量のみが 0 の場合でも、周辺に補正量があれば注目画素 (x, y) においても補正量を持つこととなり、補正量のばらつきがなくなり出力カラー画像に発生するノイズを軽減することが可能となる。

【0060】

加重平均の重み係数 W はノイズと軽減効果のトレードオフとなり、単に平均をとった場合（ W が全て 1 の場合）は補正量が滑らかになり軽減後のノイズは少なくなるが、補正量が多く必要な画素の補正量がなまってしまい軽減効果が少なくなる。反対に注目画素の重み係数 W のみを高めすぎるとノイズが残ってしまう。 3×3 領域の場合、注目画素 (x, y) の重み係数が $W = 8$ 前後で、注目画素 (x, y) 以外の重み係数を $W = 1$ とするのが好適である。

【0061】

孤立点除去工程 152 b および平均化工程 152 c によって、平滑化された補正量 $E_R'(x, y)$ を注目画素 (x, y) の最終的な補正量 $E_R'(x, y)$ とする。同様に B 成分についても平滑化処理を行い、平滑化された補正量 $E_B'(x, y)$ を得る。

【0062】

10

20

30

40

50

軽減手段 1 5 3 では、平滑化手段 1 5 2 で平滑化された補正量 E_R' 、 E_B' をそれぞれ R 成分、B 成分の強度から差し引き、新たな R 成分および B 成分強度を次式のようにする。

【 0 0 6 3 】

【数 1 3】

$$R = R - E_R'$$

【 0 0 6 4 】

【数 1 4】

$$B = B - E_B'$$

10

【 0 0 6 5 】

このように R 成分、B 成分を修正したカラー画像を本色にじみ軽減部の出力として視覚補正部 1 6 0 に渡す。

【 0 0 6 6 】

本実施例では結像光学系 1 1 0 から記録部 1 8 0 までを備えた撮像装置として説明したが、これらのなかで色にじみ軽減部 1 5 0 を除く一部或いは全部を別の装置として設け、本発明を色にじみ軽減のみを行う画像処理装置として構成してもよい。この場合、本発明と別体の撮像装置で撮影され、半導体メモリ、磁気/光ディスクなどの記録媒体に格納されたカラー画像を画像処理装置で読み込み（入力）可能とするようにしてもよい。

20

【 0 0 6 7 】

本実施例によれば、算出した補正量に対しばらつきを抑える補正処理を行うことで、入力画像のシャープネスを損なうことなく色にじみを軽減することができ、且つノイズの発生を抑え、滑らかで違和感のない色にじみ軽減画像を得ることが可能となる。

【実施例 2】

【 0 0 6 8 】

図 5 は、カラー画像に対して色にじみを軽減する実施例 2 の画像処理装置を有する撮像装置 2 0 0 のブロック図である。撮像装置 2 0 0 は、結像光学系 2 1 0、色分解プリズム 2 1 5、イメージセンサ 2 2 0、AD 変換部 2 3 0、色にじみ軽減部 2 5 0、視覚補正部 2 6 0、圧縮部 2 7 0、記録部 2 8 0 を有する。

30

【 0 0 6 9 】

イメージセンサ 2 2 0 は実施例 1 と異なり 3 板式であり、それに伴い色分解プリズム 2 1 5 が追加され、実施例 1 に存在したデモザイク部 1 4 0 は不要となる。

【 0 0 7 0 】

図 5 において被写体からの光線は結像光学系 2 1 0 及び色分解プリズム 2 1 5 を経てイメージセンサ 2 2 0 上に結像する。色分解プリズムでは光の波長によって光線の進行方向が異なるため R、G、B の波長域によって異なるイメージセンサ 2 2 0 に到達する。このため、イメージセンサ 2 2 0 はカラーフィルタを備えず、各々 R G B の各色成分に対応する像を得る。

【 0 0 7 1 】

40

本実施例の結像光学系 2 1 0 は R、G 波長域において色収差が良好に補正され、B 波長域では色収差が残存している。3 板式では各イメージセンサの前後位置を調整することにより、色収差を補正することも可能であるが、光学系のズーム位置などによる収差変動に対応できないため、本実施例ではそのような調整は考慮しない。このため、R、G 成分に比して B 成分の解像度が劣り、3 つの成分を合成したカラー画像においては、特許文献 1 の図 6 に示すように、明暗の境界部で青がぼやけ、明部の周囲に青の縁取りのようなアーティファクトが生じる。

【 0 0 7 2 】

AD 変換部 2 3 0 では 3 枚のイメージセンサからアナログ電圧として出力される R G B 各色成分の画像を、以降の画像処理に適するデジタルデータへと変換する。

50

【0073】

色にじみ軽減部250は、後述するように、画像処理によりカラー画像よりこのアーティファクトを軽減する画像処理装置を構成する。視覚補正部260、圧縮部270、記録部280は実施例1の視覚補正部160、圧縮部170、記録部180と同様である。

【0074】

以下、色にじみ軽減部250による画像処理について説明する。色にじみ軽減部250は、推定手段251、平滑化手段252、および軽減手段253を有し、この順番で入力画像を処理して出力画像を出力する。

【0075】

図6(a)は、高輝度な被写体に対するB及びG成分の典型的なプロファイルを示し、横軸は画像上の断面であり、縦軸はB及びG成分の強度である。

10

【0076】

特許文献1に説明されているように、撮影画像としては本来の高輝度被写体より一回り大きくG成分もB成分も飽和し、白く飽和した領域ができる。R成分はG成分と同じプロファイルとする。この先、G成分は減衰していくがB成分の飽和半径は更に広いため、徐々にG成分とB成分の画像強度差は大きくなるため、水色として青みを増していく。しかし、B成分の飽和半径に達するとB成分も減衰を初め、この先ではG成分とB成分の画像強度差は小さくなっていく。あるところで、G成分の裾の端に達すると、その先はB成分のみが強度を持ち、真っ青のにじみとなる。

【0077】

20

この水色部分における青みと真っ青なにじみが不自然なものとなる。仮に、B成分のにじみがG成分と同程度であれば、にじみは高輝度被写体の色と認識され、自然なにじみとなる。

【0078】

そこで、推定手段251は、飽和画素からの距離を利用して色にじみ量を推定する。この場合、推定手段251は、距離算出工程(ステップ)、領域判定工程(ステップ)、色にじみ量推定工程(ステップ)および過除去抑制工程(ステップ)を行う。

【0079】

まず距離算出工程では、推定手段251は、G、B双方の色成分に対し、強度が一定の閾値以上となる飽和画素を抽出し、各画素において前記領域からの距離 d_G 、 d_B を画素幅単位で算出する。例えば、図6(b)において斜線部分がイメージセンサ220において電荷が飽和した領域である飽和画素だとすれば、距離は各画素に記した数値のようになる。

30

【0080】

閾値としては、AD変換部の出力値と入射光強度の関係が比例関係から外れる出力値とする。これ以上の出力値を持つ状態を飽和していると呼ぶ。距離の算出は一般に画像距離変換と呼ばれる。なお、この距離は正確なユークリッド距離に限らず、準ユークリッド(quantized-Euclidean)距離や、チェスボード距離、シティブロック距離で代用してもよい。この画像距離変換により飽和画素は0、非飽和画素は正值となる。

【0081】

40

この符号により各画素は、(1)B成分が飽和している、(2)B成分が飽和していないに区分され(図6(a)参照)、少なくとも領域(1)に対してB成分が非飽和の領域からの距離 d_{nB} を同様に算出する。図6(b)が d_B であれば、 d_{nB} は図6(c)のようになる。なお、 d_{nB} は d_B における負値として表すこともできる。

【0082】

領域判定工程では、推定手段251は、抽出結果に応じて、色にじみ量推定工程の複数の処理方法に処理を振り分ける。

【0083】

色にじみ量推定工程では、カラー画像の各画素に対して色にじみとなっている余計なB成分の強度を推定する。推定手法はB成分が飽和しているかどうかによって異なり、各々

50

図 6 (a) の領域 (1) 、領域 (2) に対応している。

【 0 0 8 4 】

前述のように、軽減すべき B 成分の画像強度は B 成分と G 成分の差であり、領域 (1) では G 成分が飽和している領域から離れるに従い、推定量は増加し、領域 (2) では領域 (1) から離れるに従い推定量は減少する。

【 0 0 8 5 】

この推定量は高輝度被写体の明るさに依存するが、飽和のため、これを直接得ることはできない。そこで、本実施例では B と G の飽和半径の差 $d_G - d_B$ あるいは $d_G + d_{nB}$ で代用する。このような推定量として、領域 (1) に対しては推定にじみ量 E_B を次式のように計算する。

10

【 0 0 8 6 】

【 数 1 5 】

$$E_B = (k_1(d_G + d_{nB}) + k_0) \times \frac{d_G}{d_G + d_{nB}}$$

【 0 0 8 7 】

一方、領域 (2) に対しては推定にじみ量 E_B を次式のように計算する。

【 0 0 8 8 】

【 数 1 6 】

$$E_B = (k_1(d_G - d_{nB}) + k_0) \exp(-k_2 d_B)$$

20

【 0 0 8 9 】

そして、過除去抑制工程が行われる。このとき両者は領域 (1) と領域 (2) の境界線上では $E_{B0} = (k_1 d_G + k_0)$ と一致するためマッハバンドを生じない。

【 0 0 9 0 】

k_0 、 k_1 、 k_2 は定数であり、結像光学系やイメージセンサの画素ピッチによって異なるため、撮影画像から色にじみ量を近似するのに好適な値を求めるのが望ましい。厳密には、結像光学系の特性はズーム位置、絞り値、フォーカス位置やはてまたレンズ交換といった状態や像高によって変化するため、これらに従い定数 k_0 、 k_1 、 k_2 を変えるのも有効である。或いは、過除去抑制工程を考慮し、結像光学系の特性変化に対応できるよう、過大な色にじみ量を推定する定数を設定してもよい。結果として、色にじみ量を近似するのに好適な値より過大な色にじみ量を推定する定数を設定するのが好適である。

30

【 0 0 9 1 】

過除去抑制工程では、推定手段 2 5 1 は、推定量 E_B を修正し、実際に除去する量 E_B' を決める。補正量 E_B は一定のモデルに沿ったものであり、実際のにじみ量とは必ずしも一致しない。

【 0 0 9 2 】

例えば、同じ B 成分に検出される光であっても波長 4 5 0 nm の光と波長 4 0 0 nm の光ではにじみ方が変化するが、色にじみ量推定工程 2 5 1 c ではこれを考慮していない。補正量 E_B が過小である場合、軽減後も若干の青みが残る。一方、補正量 E_B が過大であると、灰色の背景に対して B を減らしすぎ、黄緑色になってしまったりする。特に後者は不自然で観察者に大きな違和感を与える。

40

【 0 0 9 3 】

そこで、本工程は、一定の色相範囲内でのみにじみ軽減が作用するよう制限する。このため、まず、画素の色度を計算する。R、G、B の各成分の強度に対し、次式のようにする。

【 0 0 9 4 】

【数 1 7】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.18 \\ 0.21 & 0.75 & 0.07 \\ 0.02 & 0.12 & 0.95 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$a = 5 (x - y)$$

$$b = 2 (y - z)$$

【0 0 9 5】

この色度座標 a b 面を図 7 に記すと、青色は第 4 象限にあり、 B 成分から推定量 E_B を除去すると、点線矢印のように左上方向へ移動する。矢印の始点が除去前の色度であり、先端が推定量 E_B 軽減後の色度である。このことから作用する色相範囲を $a' > 0$ かつ $b' < 0$ に制限すると次式のようになる。

10

【0 0 9 6】

【数 1 8】

$$B > 0.22R + 0.68G \text{ かつ } B > -1.84R + 3.30G$$

【0 0 9 7】

このため、過除去抑制工程ではまずこの条件を満たさない画素に対し $E_B' = 0$ とし、軽減対象から外す。これにより、これらの画素は軽減手段 2 5 3 によって変化せず、本色にじみ軽減部によって画素値が影響を受けることがない。すなわち、この条件を満たす画素のみが軽減対象となる。

20

さらに条件を満たす画素に対しても補正量を以下のように計算する。

【0 0 9 8】

【数 1 9】

$$E_B' = \min(E_B, B - (0.22R + 0.68G), B - (-1.84R + 3.30G))$$

【0 0 9 9】

E_B' の補正による色度変化は図 7 に実線矢印で記したように、第 4 象限内に留まる。色度座標 a b (簡易的な $L^*a^*b^*$ 色空間) としているが、 YUV や HSV 空間上で制限をかけてもよい。

30

【0 1 0 0】

平滑化手段 2 5 2 は、推定手段 2 5 1 で得られた補正量 E_B' を平滑化する。飽和画素からの距離を用いた色にじみ推定方法では、得られた補正量 E_B は滑らかであるが、過除去抑制工程を経ることで補正量 E_B' にムラが生じる。このムラを緩和しノイズの発生を抑えるため、補正手段 2 5 2 では補正量 E_B' に対して平滑化を行う。平滑化は、フィルタ F を用意し次式に示すように全画素における補正量 E_B' にコンボリューションすることによって行ってもよい。

【0 1 0 1】

【数 2 0】

$$E = E_B' \otimes F$$

40

【0 1 0 2】

フィルタは平滑化フィルタでもよいし、補正量のエッジを保存するようなメディアンフィルタなど他のノイズ除去フィルタを使用してもよい。

【0 1 0 3】

軽減手段 2 5 3 は補正量 E を B 成分の強度から減じ、新たな B 成分強度を次式によって設定し、 B 成分を修正したカラー画像を本色にじみ軽減部 2 5 0 の出力として視覚補正部 2 6 0 に渡す。

【0 1 0 4】

【数 2 1】

$$B = B - E_B$$

【0 1 0 5】

本実施例によれば、青にじみが効果的に軽減され、また自然で違和感のない撮影画像が得られる。

【実施例 3】

【0 1 0 6】

図 8 は、カラー画像に対して色にじみを軽減する実施例 3 の画像処理装置 3 0 0 のブロック図である。本実施例の画像処理装置 3 0 0 は撮像装置の外部（例えば、パーソナルコンピュータ（PC））に設けられ、画像入力部 3 1 0、色変換部 3 2 0、色にじみ軽減部 3 3 0、記録部 3 4 0、画像出力部 3 5 0 を有する。

10

【0 1 0 7】

画像入力部 3 1 0 は、撮像装置で撮像されたカラー画像やカラー画像読取装置で読み取られたカラー画像等の任意のカラー画像を受け取る。色変換部 3 2 0 は、様々な形式で入力されたカラー画像を色にじみ軽減部 3 3 0 で使用する色形式に変換する。

【0 1 0 8】

色にじみ軽減部 3 3 0 は、空間的な演算を行い色にじみ領域を抽出し、色にじみ量を推定して入力カラー画像から推定量を減算等の処理により軽減する。

【0 1 0 9】

20

記録部 3 4 0 は、色にじみ軽減部 3 3 0 で色にじみが軽減されたカラー画像を内蔵する HDD 等の記憶媒体やフラッシュメモリ等の外部記録媒体へと記録する。画像出力部 3 5 0 は、色にじみ軽減部 3 3 0 で色にじみが軽減されたカラー画像をディスプレイ等に出力する。

【0 1 1 0】

色にじみ軽減部 3 3 0 は、推定手段、平滑化手段、軽減手段からなる。本色にじみ軽減部 3 3 0 では、R 成分を軽減対象とし基準成分として G 成分を用いる場合を例にとる。色にじみは図 9（a）に示すように輝度差の大きいエッジの周辺領域に発生する。この場合、色にじみがなければ白・黒のエッジとなるが、R 成分がなまっているためにシアン・赤というようなエッジとなり、エッジの前後で色にじみが発生することとなる。

30

【0 1 1 1】

推定手段はエッジ検出を利用して色にじみ領域を推定し、軽減手段はガンマ補正により軽減する方法が考えられる。

【0 1 1 2】

推定手段では、入力カラー画像において基準成分となる G 成分に対して微分を行うことによりエッジ検出を行う。ここで微分を行う手法などのエッジ検出方法は任意の手法を用いることができ、その手法を限定するものではない。次に、入力カラー画像において、検出したエッジの周辺画素の色味を確認し赤味を帯びている画素を検出する。

【0 1 1 3】

補正量は、検出した色にじみ画素の画像強度、またはエッジからの画像強度差、像高など様々な値により推定される。軽減手段において次式のようにガンマ補正を用いるので、ここでの補正量はガンマ補正の係数 E_R および E_G となる。

40

【0 1 1 4】

【数 2 2】

$$R_{out} = E_R R_{in}^{\gamma}$$

【0 1 1 5】

補正量 E_R および E_G は、図 9（a）に示す赤にじみ領域において R 成分の値を下げるように作用する値となる。例えば、図 9（b）に示す関係となる。

【0 1 1 6】

50

平滑化手段では、推定手段で推定された補正量を平滑化する。補正量 E_R および E_G は、画像強度やエッジからの画像強度差により画素ごと推定されているため、ムラが生じる場合がある。色にじみは実施例 1 および実施例 2 にも示したように、エッジからの距離に依存する傾向にある。そこで、平滑化手段では、エッジから等距離にある画素の補正値の平均を取ることで補正量の平滑化を行う。

【0117】

軽減手段は、平滑化手段で平滑化された補正量を用いてガンマ補正により色にじみを軽減し、記録部 340 へと色にじみ軽減画像を出力する。

【0118】

本実施例によれば、赤にじみが効果的に軽減され、また自然で違和感のないカラー画像が得られる。

【0119】

本発明は、コンピュータを推定手段、補正手段、軽減手段として機能させるためのプログラムとして構成されてもよい。また、本実施例の画像処理装置は、実施例 2 の場合に効果が大きい。これは実施例 2 が計算が単純であるものの誤差が生じやすいためである。

【0120】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0121】

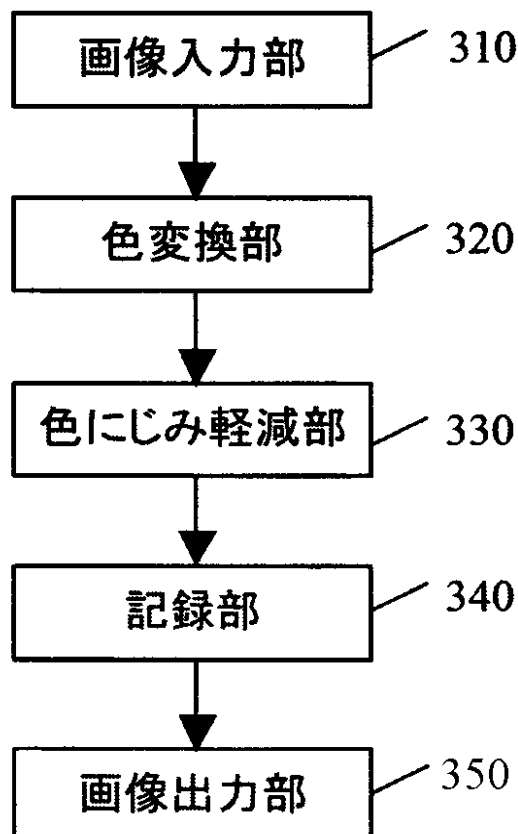
画像処理装置は画像処理の用途に適用することができる。

【符号の説明】

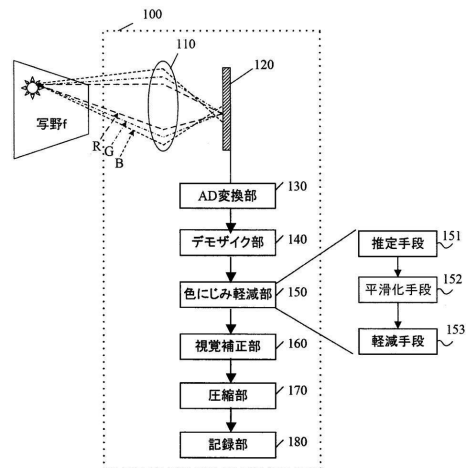
【0122】

151、251...推定手段、152、252...平滑化手段、153、253...軽減手段

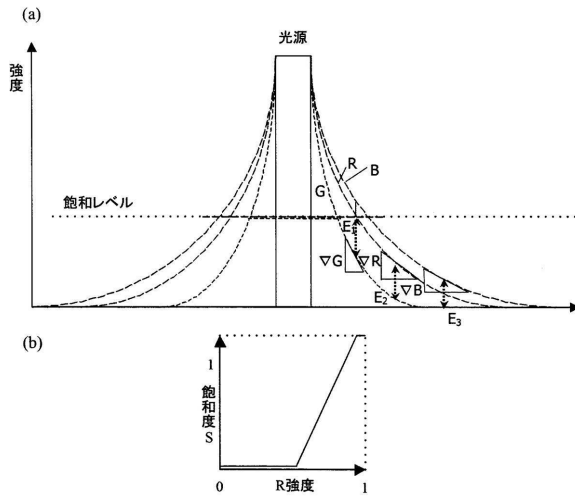
【図 8】



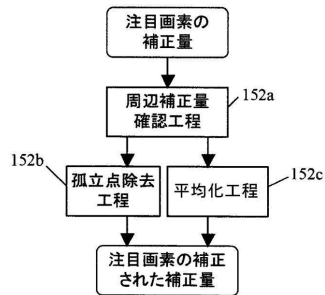
【図 1】



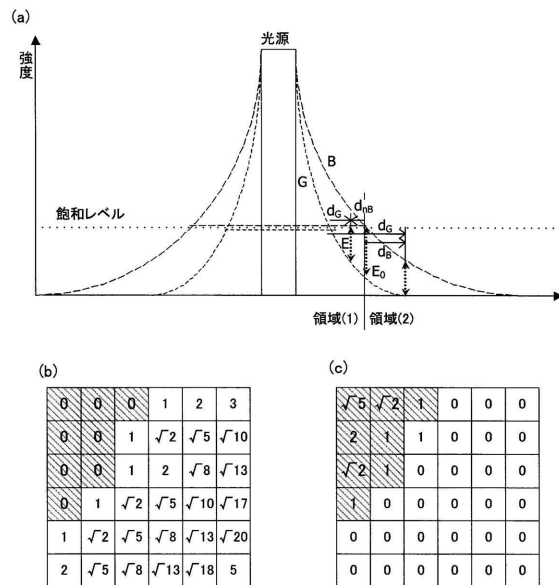
【図 2】



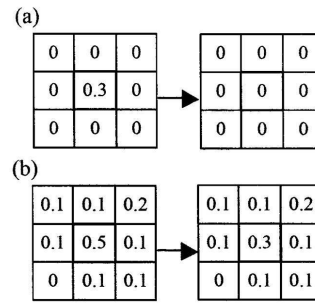
【図 3】



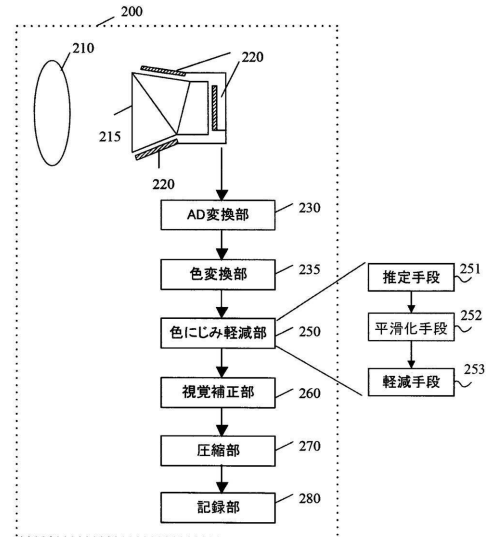
【図 6】



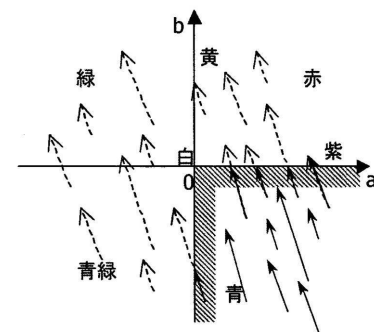
【図 4】



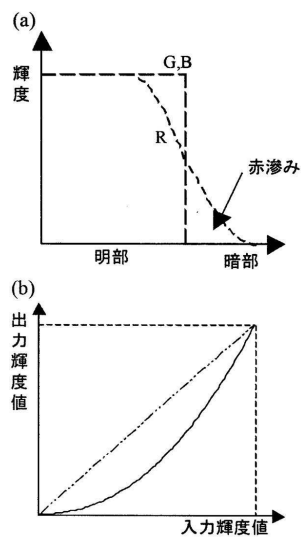
【図 5】



【図 7】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 2 6 8 0 3 3 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 7 8 2 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 4 7 7 7 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 5 5 6 1 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 2 4 5 8 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N	9 / 0 4	-	9 / 1 1
H 0 4 N	9 / 4 4	-	9 / 7 8
G 0 6 T	1 / 0 0	-	1 / 4 0
G 0 6 T	3 / 0 0	-	5 / 5 0
G 0 6 T	9 / 0 0	-	9 / 4 0