(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6340838号
(P6340838)

(45)発行日　平成30年6月13日(2018.6.13)　(24)登録日　平成30年5月25日(2018.5.25)

(51)Int.Cl.		F I		
G06T 1/00	(2006.01)	G06T	1/00	400H
G01B 11/00	(2006.01)	G01B	11/00	H
G01B 11/26	(2006.01)	G01B	11/26	H
G01B 11/24	(2006.01)	G01B	11/24	K

請求項の数 9　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願2014-46939(P2014-46939)
(22)出願日　平成26年3月10日(2014.3.10)
(65)公開番号　特開2015-170322(P2015-170322A)
(43)公開日　平成27年9月28日(2015.9.28)
審査請求日　平成28年11月2日(2016.11.2)

(73)特許権者　000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号
(74)代理人　100107766
弁理士　伊東　忠重
(74)代理人　100070150
弁理士　伊東　忠彦
(74)代理人　100192636
弁理士　加藤　隆夫
(72)発明者　青木　隆浩
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内

審査官　新井　則和

最終頁に続く

(54)【発明の名称】生体認証装置、生体認証方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
生体に光を照射する光源と、
前記光源からの前記光を照射された前記生体を含む画像を撮像する撮像素子と、
リファレンス物体の前記光源からの距離毎に、前記リファレンス物体上の複数の位置の夫々における補正係数を記憶した記憶部と、
前記画像内の前記生体上の複数の位置の夫々における輝度を測定する輝度算出部と、
前記光源から前記生体までの距離を測定する測距部と、
前記画像内の前記生体上の前記複数の位置の夫々において測定された輝度を、前記光源からの距離が、前記光源から前記生体までの距離に相当する、前記リファレンス物体上の前記複数の位置の夫々における前記補正係数に基づいて補正する処理部と、
を備え、
前記光源からの複数の異なる距離における前記リファレンス物体上の前記複数の位置の夫々における輝度値を元に、$I_{r,z}(x,y)=\{A(x,y)/D_r^2\}+\{B(x,y)/D_r\}+C(x,y)$で表されるフィッティングを行い、
ここで、$I_{r,z}(x,y)$は、前記フィッティングの結果求められる前記リファレンス物体の座標(x,y)における輝度値、D_rは、高さＺに前記リファレンス物体が存在する場合の前記光源から前記リファレンス物体までの距離、$A(x,y)$，$B(x,y)$，$C(x,y)$は、前記画像上の点(x,y)毎に異なる、前記画像上の点(x,y)に対応する位置における前記フィッティングの計算式の係数であり、

前記画像上の座標（ｘ，ｙ）に対応する前記リファレンス物体の座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）をＸ＝（Ｚ／ｆ）・ｘ，Ｙ＝（Ｚ／ｆ）・ｙで表すと、前記距離Ｄ$_{r}$は、Ｄ$_{r}$（ｘ，ｙ）＝（Ｘ^{2}＋Ｙ^{2}＋Ｚ^{2}）$^{1/2}$で表され、

前記画像上の点（ｘ，ｙ）に着目した場合の係数Ａ，Ｂ，Ｃの算出は、３つの異なる高さＺ$_{r0}$，Ｚ$_{r1}$，Ｚ$_{r2}$における前記リファレンス物体の輝度値Ｉ$_{r,Z0}$（ｘ，ｙ），Ｉ$_{r,Z1}$（ｘ，ｙ），Ｉ$_{r,Z2}$（ｘ，ｙ）を表す、

【数１】

$$\begin{cases} I_{r,Z_0}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_0^{\,2}}+\dfrac{B(x,y)}{D_0}+C(x,y) \\ I_{r,Z_1}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_1^{\,2}}+\dfrac{B(x,y)}{D_1}+C(x,y) \\ I_{r,Z_2}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_2^{\,2}}+\dfrac{B(x,y)}{D_2}+C(x,y) \end{cases}$$

で表される連立方程式を解くことで算出し、

ここで、Ｄ$_{0}$，Ｄ$_{1}$，Ｄ$_{2}$は、前記光源から３つの異なる高さＺ$_{r0}$，Ｚ$_{r1}$，Ｚ$_{r2}$における前記リファレンス物体までの距離であることを特徴とする、生体認証装置。

【請求項２】

前記処理部は、前記補正係数の記憶時には、前記補正係数を算出して前記記憶部に記憶し、

前記処理部は、認証時には、補正された輝度の画像の照合用画像データを前記記憶部に記憶し、

前記認証時に、前記記憶部に記憶された前記照合用画像データの特徴と、予め登録されている登録用画像データの特徴とを照合する照合処理部をさらに備えたことを特徴とする、請求項１記載の生体認証装置。

【請求項３】

前記補正係数に基づく前記輝度の補正量は、前記光源から前記生体までの距離が長いほど大きいことを特徴とする、請求項１または２記載の生体認証装置。

【請求項４】

前記補正係数は、前記輝度の逆数に比例し、前記生体上の各位置から前記光源までの距離のマイナス２乗に比例することを特徴とする、請求項３記載の生体認証装置。

【請求項５】

前記輝度算出部が測定した前記輝度の分布から前記生体の基準面に対する傾き角を算出する角度算出部をさらに備えたことを特徴とする、請求項１乃至４のいずれか１項記載の生体認証装置。

【請求項６】

前記角度算出部が算出した前記生体の前記基準面に対する前記傾き角に基づき、前記生体上の位置を補正する角度補正部をさらに備えたことを特徴とする、請求項５記載の生体認証装置。

【請求項７】

同じ高さＺでの前記生体上の前記複数の位置における前記画像の輝度値Ｉ$_{s}$と前記リファレンス物体上の前記複数の位置における輝度値Ｉ$_{r}$に基づき、前記生体の反射率Ｒ$_{f}$を

$R_f = I_s / I_r$に基づいて推定する反射率推定部をさらに備え、
前記処理部は、$I'(x, y) = I(x, y) / R_f$に基づき、前記補正係数に基づいて補正された前記画像内の前記生体上の前記複数の位置の輝度$I(x, y)$を輝度$I'(x, y)$にさらに補正することを特徴とする、請求項１乃至６のいずれか１項記載の生体認証装置。
【請求項８】
光源からの光を照射された生体を撮影装置により撮影して前記生体を含む撮影画像を取得し、
前記撮影画像内の前記生体上の複数の位置の夫々における輝度をプロセッサにより測定し、
前記光源から前記生体までの距離を前記プロセッサにより測定し、
前記撮影画像内の前記生体上の前記複数の位置の夫々において測定された輝度を、記憶部に記憶された、リファレンス物体上の複数の位置の夫々における補正係数に基づいて前記プロセッサにより補正し、
前記光源からの複数の異なる距離における前記リファレンス物体上の前記複数の位置の夫々における輝度値を元に、$I_{r,Z}(x, y) = \{A(x, y) / D_r^2\} + \{B(x, y) / D_r\} + C(x, y)$で表されるフィッティングを行い、
ここで、$I_{r,Z}(x, y)$は、前記フィッティングの結果として求める前記リファレンス物体の座標(x, y)における輝度値、D_rは、高さＺに前記リファレンス物体が存在する場合の前記光源から前記リファレンス物体までの距離、$A(x, y)$，$B(x, y)$，$C(x, y)$は、前記撮影画像上の点(x, y)毎に異なる、前記画像上の点(x, y)に対応する位置における前記フィッティングの計算式の係数であり、
前記撮影画像上の座標(x, y)に対応する前記リファレンス物体の座標(X, Y, Z)を$X = (Z / f) \cdot x$，$Y = (Z / f) \cdot y$で表すと、前記距離D_rは、$D_r(x, y) = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2}$で表され、
前記撮影画像上の点(x, y)に着目した場合の係数Ａ，Ｂ，Ｃの算出は、３つの異なる高さZ_{r0}，Z_{r1}，Z_{r2}における前記リファレンス物体の輝度値$I_{r,Z0}(x, y)$，$I_{r,Z1}(x, y)$，$I_{r,Z2}(x, y)$を表す、
【数１】

$$\begin{cases} I_{r,Z_0}(x,y) = \dfrac{A(x,y)}{D_0^{\,2}} + \dfrac{B(x,y)}{D_0} + C(x,y) \\ I_{r,Z_1}(x,y) = \dfrac{A(x,y)}{D_1^{\,2}} + \dfrac{B(x,y)}{D_1} + C(x,y) \\ I_{r,Z_2}(x,y) = \dfrac{A(x,y)}{D_2^{\,2}} + \dfrac{B(x,y)}{D_2} + C(x,y) \end{cases}$$

で表される連立方程式を解くことで算出し、
ここで、D_0，D_1，D_2は、前記光源から３つの異なる高さZ_{r0}，Z_{r1}，Z_{r2}における前記リファレンス物体までの距離であることを特徴とする、生体認証方法。
【請求項９】
コンピュータに、撮影装置により撮影された、光源からの光を照射された生体を含む撮影画像に基づく生体認証処理を実行させるプログラムであって、

前記撮影画像内の前記生体上の複数の位置の夫々における輝度を測定する算出手順と、
前記光源から前記生体までの距離を測定する測定手順と、
前記撮影画像内の前記生体上の前記複数の位置の夫々において測定された輝度を、記憶部に記憶された、リファレンス物体上の複数の位置の夫々における補正係数に基づいて補正する補正手順と、
を前記コンピュータに実行させ、
前記光源からの複数の異なる距離における前記リファレンス物体上の前記複数の位置の夫々における輝度値を元に、$I_{r,Z}(x,y)=\{A(x,y)/D_r^{2}\}+\{B(x,y)/D_r\}+C(x,y)$で表されるフィッティングを行い、
ここで、$I_{r,Z}(x,y)$は、前記フィッティングの結果として求める前記リファレンス物体の座標（x，y）における輝度値、D_rは、高さZに前記リファレンス物体が存在する場合の前記光源から前記リファレンス物体までの距離、A（x，y），B（x，y），C（x，y）は、前記撮影画像上の点（x，y）毎に異なる、前記画像上の点（x，y）に対応する位置における前記フィッティングの計算式の係数であり、
前記撮影画像上の座標（x，y）に対応する前記リファレンス物体の座標（X，Y，Z）は、X＝（Z／f）・x，Y＝（Z／f）・yで表すと、前記距離D_rは、$D_r(x,y)=(X^{2}+Y^{2}+Z^{2})^{1/2}$で表され、
前記撮影画像上の点（x，y）に着目した場合の係数A，B，Cの算出は、3つの異なる高さZ_{r0}，Z_{r1}，Z_{r2}における前記リファレンス物体の輝度値$I_{r,Z0}(x,y)$，$I_{r,Z1}(x,y)$，$I_{r,Z2}(x,y)$を表す、
【数１】

$$\begin{cases} I_{r,Z_0}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_0^{\,2}}+\dfrac{B(x,y)}{D_0}+C(x,y) \\ I_{r,Z_1}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_1^{\,2}}+\dfrac{B(x,y)}{D_1}+C(x,y) \\ I_{r,Z_2}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_2^{\,2}}+\dfrac{B(x,y)}{D_2}+C(x,y) \end{cases}$$

で表される連立方程式を解くことで算出し、
ここで、D_0，D_1，D_2は、前記光源から3つの異なる高さZ_{r0}，Z_{r1}，Z_{r2}における前記リファレンス物体までの距離であることを特徴とする、プログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、画像処理装置、生体認証装置、画像処理方法及びプログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
例えば、人の手のひらの静脈を利用した生体認証において、登録する生体データを撮影する際には、被写体の一例である手の位置を周知の案内部材などで案内するが、照合する生体データを撮影する際には手の位置を案内する案内部材が設けられていない場合がある。案内部材により案内されていない手の生体データを撮影する場合、手の位置の違いから登録データと照合データの相違が大きくなり、本人認証の成功率が低下することがある。

なお、本人認証の成功とは、本人の認証時に本人であることが正しく認証されることを意味する。

【０００３】

そこで、傾きなどの手の姿勢を測定し、登録時の手の位置からの照合時の手の位置のずれを打ち消すように照合時に撮影した生体データを加工することで、本人認証の成功率を向上させることができる。この場合、手の位置は、複数の距離センサを用いて各距離センサから手の対応する部分までの距離を測定することで検出することができる。しかし、距離の測定精度を向上させるためには、多数の距離センサを用いる必要があるため、生体認証装置のコストが増大すると共に、生体認証装置のサイズが増大してしまう。さらに、生体認証装置に大きさなどの物理的な制約がある場合には、制約の範囲内で多数の距離センサを配置することは難しい。

【０００４】

一方、被写体に光を照射して撮影した被写体の画像の輝度分布から、被写体の三次元的な形状を認識するＳＦＳ（Shape From Shading）技術が知られている。このＳＦＳ技術を手の位置の検出に応用すれば、光源から手の多数の点までの距離を多数の距離センサを用いることなく測定できるので、より高精度に手の位置を検出することができる。このＳＦＳ技術によると、被写体に光を照射して被写体からの反射光を撮像素子がレンズを介して受光するが、レンズには周辺減光という現象が存在する。光源から被写体までの距離が十分に長ければ、光源と被写体上の各点との間の距離が同一と見なせるため、周辺減光の影響は比較的小さい。しかし、例えば手のひらの静脈を利用した生体認証装置では、光源から手までの距離を十分に長くすることは上記制約などにより難しいため、手の位置に応じて周辺減光の影響が比較的大きくなる。このため、ＳＦＳ技術を用いて高精度に手の位置を検出することは難しく、登録データと照合データの照合精度を向上することは難しい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０００－２３０８０７号公報
【特許文献２】特開２００７－１０３４６号公報

【非特許文献】

【０００６】

【非特許文献１】R.Kimmel et al., "Global Shape from Shading", CVGIP: Image Understanding,pp.120-125,1995
【非特許文献２】R.Zhang et al., "Shape from Shading: A Survey", IEEE PAMI(Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence),Vol.21, No.8, pp.690-706,August 1999
【非特許文献３】E.Prados et al., "Shape from Shading: a well-posed problem?", INRIA, No.5297,pp.1-55,August 2004
【非特許文献４】「新編 画像解析ハンドブック」、東京大学出版会、pp.118-132

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

従来のＳＦＳ技術を用いた形状認識では、被写体の形状を高精度に認識することは難しい。

【０００８】

そこで、１つの側面では、被写体の形状を高精度に認識できる画像処理装置、生体認証装置、画像処理方法及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明の一側面によれば、被写体に光を照射する光源と、前記被写体を撮像する撮像素子と、前記被写体上の複数の位置の輝度を測定する輝度算出部と、前記複数の位置の夫々

毎に、当該位置から前記光源までの距離及び当該位置における輝度に応じた補正係数を算出する係数算出部とを備えた画像処理装置が提供される。

【００１０】

本発明の他の側面によれば、光を照射された生体の画像を撮像する撮像素子と、前記画像内の複数の位置の輝度を測定する輝度算出部と、前記画像内の複数の位置の夫々毎に、当該位置に対応するリファレンス物体上の位置から前記リファレンス物体に前記光を照射する光源までの距離、及び前記リファレンス物体の当該位置における輝度値に応じて算出された補正係数を記憶する記憶部と、前記複数の位置の夫々毎に、当該位置における前記輝度を当該位置における前記補正係数に基づいて補正する輝度補正部とを備えた生体認証装置が提供される。

【発明の効果】

【００１１】

被写体の形状を高精度に認識することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】手のひらの傾きを推定する処理の一例を説明する図である。

【図２】点光源モデルの一例を説明する図である。

【図３】光源が複数の発光素子を有する一例を説明する図である。

【図４】光学系の一例を説明する図である。

【図５】第１実施例における画像処理装置の一例を示すブロック図である。

【図６】撮影装置の第１の例を説明する図である。

【図７】第１実施例における生体認証装置の一例を示すブロック図である。

【図８】認証処理の一例を説明するフローチャートである。

【図９】正規化処理の一例を説明するフローチャートである。

【図１０】輝度値補正処理の一例を説明するフローチャートである。

【図１１】第２実施例における画像処理装置の一例を示すブロック図である。

【図１２】撮影装置の第２の例を説明する図である。

【図１３】第２実施例における生体認証装置の一例を示すブロック図である。

【図１４】正規化処理の一例を説明するフローチャートである。

【図１５】スポット光画像の一例を説明する図である。

【図１６】反射率推定処理の一例を説明する図である。

【図１７】リファレンス物体の輝度値の平滑化の一例を説明する図である。

【図１８】リファレンス物体の輝度値のフィッティング係数の保存の一例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

開示の画像処理装置、画像処理方法及びプログラムでは、撮像素子が光源からの光を照射された被写体を撮像し、輝度算出部が被写体上の複数の位置の輝度を測定し、係数算出部が前記複数の位置の夫々毎に、当該位置から光源までの距離及び当該位置における輝度に応じた補正係数を算出する。

【００１４】

開示の生体認証装置及びプログラムでは、撮像素子が光源からの光を照射された生体の画像を撮像し、輝度算出部が画像内の複数の位置の輝度を測定し、記憶部が画像内の複数の位置の夫々毎に、当該位置に対応するリファレンス物体上の位置から光源までの距離及びリファレンス物体の当該位置における輝度値に応じて算出された補正係数を記憶しており、輝度補正部が複数の位置の夫々毎に、当該位置における輝度を当該位置における補正係数に基づいて補正する。

【００１５】

以下に、開示の画像処理装置、生体認証装置、画像処理方法及びプログラムの各実施例を図面と共に説明する。

【実施例】
【００１６】
光源から照射された照明強度は、光源から被写体までの距離に依存して決まる。そこで、一実施例では、この傾向を利用して、被写体上の複数の輝度の計測位置毎に、輝度値と光源からの距離とに応じた補正係数を求める。予めリファランス物体を撮影し、撮影されたリファランス物体の画像内の座標位置毎に、輝度と光源からの距離に応じた補正係数を求めて予め記憶しておくことができる。リファレンス物体とは、基準となる平面体の一例であり、例えば白い紙であっても良い。被写体となる生体の一例は、利用者の手のひらであり、手のひらを撮影した場合、撮影された手のひらの画像内の座標位置毎に、輝度を予め記憶しておいた座標位置に応じた補正係数に基づいて補正する。
【００１７】
図１は、手のひら静脈を利用した生体認証における、手のひらの傾きを推定する処理の一例を説明する図である。図１において、撮影装置１は、光源、撮像素子、レンズなどを含む周知の構成を有しても良い。光源からの光は被写体となる生体の一例である利用者の手のひら３を照射する。手のひら３で反射された光は、レンズを介して撮像素子により受光され、撮像素子からは撮影した手のひら３の画像が出力される。図１は、撮影装置１の光軸（即ち、光源と撮像素子の光軸）と直交する水平線Ｈに対する手のひら３の傾き角度がθである一例を示す。
【００１８】
ＳＦＳ技術を用いれば、撮像素子から出力される撮影画像の輝度値（即ち、明るさ）から、手のひら３の三次元形状を測定することができる。具体的には、撮影画像の輝度値に基づき、光源から手のひら３までの距離を算出することで、手のひら３の三次元形状を測定することができる。ＳＦＳ技術で用いる算出処理については、例えば上記非特許文献１，２，３などに一例が記載されている。
【００１９】
ＳＦＳ技術は、理想的な条件を前提とした計算を行う。しかし、実際に生体認証に使われる撮影装置１では、次のような第１及び第２の要因によって理想的な条件からの乖離が存在する。第１の要因は、光源から被写体の一例である手のひら３までの距離をＤで表すと、照明強度が１／D^2に比例するのは光源が点光源である場合であり、実際に使用される光源では照明強度が１／D^2に比例するとは限らないという点である。第２の要因は、撮影装置１ではレンズによる周辺減光が存在するものの、理想的な条件ではこの周辺減光が考慮されていないという点である。
【００２０】
特に撮影装置１と被写体との間の距離が比較的短い近接光学系において、上記第２の要因の影響が大きくなる。つまり、近接光学系では、レンズの画角が広いため、周辺減光の影響が大きくなる。また、撮影装置１と被写体との間の距離が比較的長い場合には、光源を点光源モデルで近似しても良いが、近接光学系の場合には、次のような要因などによって、輝度値が点光源モデルとは違った距離依存性を示す。
【００２１】
図２は、点光源モデルの一例を説明する図である。図２において、点光源１１Ａからの光は、手のひらなどの被写体３Ａを照射する。図２中、Ｄは、点光源１１Ａから被写体３Ａまでの距離を表す。この場合、被写体３Ａ上の照明強度L_iは、１／D^2に比例する。しかし、図３と共に後述するように、実際に使用される光源は上記の如く点光源１１Ａではないので、照明強度が１／D^2に比例するとは限らない。
【００２２】
図３は、光源が複数の発光素子を有する一例を説明する図である。図３において、光源は、基板１０と、基板１０上に設けられた発光素子の一例であるＬＥＤ（Light Emitting Diode）１１Ｂと、ＬＥＤ１１Ｂの上方に設けられた導光体１２を有する。複数のＬＥＤ１１Ｂからの光は、導光体１２により照明強度L_iの分布を均一化するように被写体３Ａを照射する。図３中、破線で示す矢印は、複数のＬＥＤ１１Ｂからの光のうち、撮影装置

の部品などによる内部反射光を表す。このように、光源が複数のＬＥＤ１１Ｂと導光体１２を有しており、撮影装置の部品などによる内部反射が存在する場合、光源に点光源モデルは当てはまらない。このため、実際の撮影装置では、照明強度が１／Ｄ^{2}に比例するとは限らない。

【００２３】

以上の理由で、近接光学系では、理想的な条件を仮定しているＳＦＳ計算モデルに基づいて光源から被写体までの距離を正確に算出することができない。例えば、手のひら３の静脈を利用した生体認証において、撮影装置が撮影した手のひら３の撮影画像に直接ＳＦＳ計算モデルを適用しても、算出される光源から手のひら３までの距離は、正解（即ち、実際の距離）から大きく乖離している。これは、生体認証の際の手のひら３と撮像素子との間の距離（または、認証距離）が近い方が、一般的には利用者が生体認証装置を使い易い傾向があるためである。この結果、手のひら３の静脈を利用した生体認証では、認証距離が例えば約５ｃｍと短い距離を想定しているため、理想的な条件からの乖離が大きい。ＳＦＳ技術では、輝度値に基づいて距離を測定するため、手のひら３の三次元形状を正確に測定するためには、輝度値に適切な補正処理を施すことが好ましい。

【００２４】

一実施例では、以下に説明する輝度値補正処理を実行する。輝度値補正処理には、前提とする条件に応じて、基本補正処理及び高さ可変補正処理の２種類がある。

【００２５】

先ず、基本補正処理について、図４と共に説明する。図４は、光学系の一例を説明する図であり、説明便宜上、撮影装置のレンズの図示は省略する。この例では、輝度値補正処理に、ＳＦＳ計算モデルに合うように撮影画像を補正する基本補正処理を適用する。具体的には、撮像素子７から所定の高さ（即ち、Ｚ軸方向上の距離）Ｚ＝Ｚ$_r$に配置されたリファレンス物体８の撮影画像の輝度値を予め取得しておき、このリファレンス物体８の撮影画像の輝度値を基準として、被写体の撮影画像の輝度値を補正する。つまり、光学的な条件が既知であるリファレンス物体８の撮影画像の輝度値を用いて被写体の撮影画像の輝度値を補正する。ここで、リファレンス物体８のＸＹＺ座標系における高さＺ$_r$は、ＸＹ平面に設けられ光をＺ軸方向に照射する撮影装置が想定している基準となるＺ軸方向上の高さに設定する。また、リファレンス物体８は、反射率が予め既知である参照用の平面体である。

【００２６】

平面体のリファレンス物体８を高さＺ＝Ｚ$_r$の位置に配置した時の画像を撮影し、輝度値補正処理に利用する。以下に説明する例では、リファレンス物体８は高さＺ＝Ｚ$_r$の位置に水平（即ち、ＸＹ平面と平行）に配置されているが、この水平配置に限定されるものではない。リファレンス物体８の反射率は、１００％であることが好ましいが、リファレンス物体８全体の反射率が一定、且つ、既知であれば、反射率を補正することによって１００％でなくとも利用可能である。また、リファレンス物体８は、鏡面反射の少ない特性を有することが好ましい。リファレンス物体８は、例えば標準反射板、加工したプラスティック、紙などで形成可能である。

【００２７】

図４に示す例では、光学系は、三次元のＸＹＺ座標系に配置されており、このＸＹＺ座標系の中心（０，０，０）に撮影装置の光源とレンズの中心（夫々の光軸が通る中心）９が存在する。以下の説明では、リファレンス物体８上の位置を表す物理的な座標系（例えば、ｍｍ単位）は大文字のＸ，Ｙ，Ｚで、撮像素子７が撮影した画像上の位置を表す座標系は小文字のｘ，ｙで表す。レンズの焦点距離はｆで表し、撮影装置はピンホールカメラモデルを想定する。

【００２８】

高さＺ＝Ｚ$_r$の位置に、図４に示すように撮像素子７に対して水平にリファレンス物体８を配置して、撮像素子７によりリファレンス物体８の画像を撮影する。撮影したリファレンス物体８の画像の輝度値をＩ$_r$（ｘ）で表す。ここで、輝度Ｉ$_r$（ｘ）の添え字のｒ

はリファレンス（即ち、基準）を表し、ｘ，ｙは画像における座標を表す。なお、（ｘ，ｙ）は、画像中央を中心座標（０，０）とするＸＹ座標系である。撮影した画像上の点ｇ（ｘ，ｙ）に対応するリファレンス物体８上の位置Ｇ（Ｘ，Ｙ，Ｚ）は、高さＺが既知の場合には、焦点距離ｆを用いて次式で表すことができる。

【００２９】

$$X = (Z / f) \cdot x$$

$$Y = (Z / f) \cdot y$$

基本補正処理では、撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）に対して次のような補正係数α（ｘ，ｙ）で表される補正処理を施す。ここで、D_rは光源からリファレンス物体８上の位置までの距離を表し、Ｐは定数である。

【００３０】

$$\alpha(x, y) = P / \{ I_r(x, y) \cdot D_r^{\,2}(x, y) \}$$

補正処理を施された撮影画像の輝度Ｉ'（ｘ，ｙ）は、次式で表すことができる。

【００３１】

$$I'(x, y) = I(x, y) \cdot \alpha(x, y) = I(x, y) \cdot [P / \{ I_r(x, y) \cdot D_r^{\,2}(x, y) \}]$$

上記補正係数α（ｘ，ｙ）の式中、係数$\{ I_r(x, y) \cdot D_r^{\,2}(x, y) \}$は、リファレンス物体８の輝度値が$(1 / D^2)$に比例する場合の周辺減光を表す。補正係数α（ｘ，ｙ）は、この係数$\{ I_r(x, y) \cdot D_r^{\,2}(x, y) \}$の逆数に基づいており、ＳＦＳ計算モデル用の補正を行う。

【００３２】

次に、高さ可変補正処理について説明する。上記の基本補正処理では、基準高さZ_rにおけるリファレンス物体８の輝度値を利用する。基準高さZ_rは、予め設定した固定値であり、撮影装置が想定している標準的な高さに設定しても良い。つまり、最も頻繁に利用される高さに配置されたリファレンス物体８の撮影画像の輝度値を用いて輝度値補正処理を行うことで、被写体の撮影画像の輝度値の補正精度を向上させることができる。

【００３３】

一方、被写体の高さは、例えば被写体を案内する周知の案内部材が設けられていない場合などには、変動する場合がある。例えば、手のひらの静脈を利用した生体認証では、利用者の手がかざされる高さは、一定とは限らず、変動する。このため、固定したリファレンス物体８の高さZ_rと、被写体である手のひらの高さＺが異なる場合が頻繁に発生し得る。このような場合、被写体の存在する高さＺにおける照明強度分布を用いることで、測定精度の向上が期待できる。被写体の高さは、別途設けた周知の測距機能を用いて取得できる。

【００３４】

手のひらなどの被写体の平均高さＺを測距機能によって取得し、高さＺにおけるリファレンス物体８の輝度値を算出して上記輝度値補正処理に利用することができる。複数の高さＺにおけるリファレンス物体８の輝度値をモデル化などによって保存しておくことで、任意の高さＺにおけるリファレンス物体８の輝度値を算出しても良い。算出したリファレンス物体８の輝度値を用いて輝度補正を行うことによって、補正精度を高めることができる。

【００３５】

輝度値補正処理を実行することにより、既存のＳＦＳ技術では考慮していない要因を補正し、ＳＦＳ技術を適用した場合の光源から被写体までの距離の測定精度を向上させることができる。このため、撮影装置と被写体との間の距離が近接している場合であっても、ＳＦＳ技術を適用して光源からの距離を高精度に測定可能となる。具体的には、撮影装置固有の輝度値分布を、所定の高さに設定したリファレンス物体８の輝度値を利用して補正することによって、光源からの距離を高精度に測定できる。また、輝度値補正処理を、ＳＦＳ計算モデルが仮定している理想的な条件に合わせることによって、計算精度を高めることができる。さらに、レンズの周辺減光のように一般的なＳＦＳ技術では考慮していな

い要因を輝度値補正処理によって除外することで、距離の測定精度を高めることができる。

【００３６】

また、対象とする被写体の高さが変動するような場合には、別途設けた測距機能によって求めた被写体の高さの平均値Ｚを利用し、該当する高さＺにおけるリファレンス物体８の輝度値を算出しても良い。算出した高さＺにおけるリファレンス物体８の輝度値を利用して輝度値補正処理を実行することで、距離の測定精度をさらに向上させることができる。

【００３７】

さらに、被写体の反射率を推定することによって、被写体の種類にかかわらず安定してＳＦＳ技術を適用可能となる。

【００３８】

このように、ＳＦＳ技術を用いることにより、三次元距離情報を正確に取得することが可能となる。この結果、手のひらの静脈を利用した生体認証などに適用した場合、生体認証の精度を向上できる。特に手のひらの静脈を利用した生体認証では、利用者の利便性を考慮し、撮影装置と被写体である手のひらとの間の距離が近くになるように設計されている。このような近接光学系で非接触による生体認証を行う場合、上記の如き高精度の距離の測定の有効性が特に発揮される。

【００３９】

次に、上記基本補正処理を用いる第１の実施例を説明する。図５は、第１実施例における画像処理装置の一例を示すブロック図である。本実施例では、手のひらの静脈を利用した生体認証を、手のひらを案内する周知の案内部材を用いて行う場合を例にして説明する。手のひらを案内する案内部材を用いると、撮像素子と手のひらとの間の距離を略一定に保つことができる。このため、後述する輝度値補正処理は、撮像素子から所定の距離にあるリファレンス物体の撮影画像から算出した補正係数を利用する。

【００４０】

画像処理装置２０－１は、図５に示す如く接続された制御部２１、撮影装置１Ａ、記憶部２２、及び処理部２４－１を有する。処理部２４－１は、補正処理部２４１及び輝度値取得部２４３を有する。

【００４１】

制御部２１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）を含む各種プロセッサ（または、コンピュータ）により形成可能であり、画像処理装置２０－１の全体の制御を司る。

【００４２】

撮影装置１Ａは、周知の案内部材（図示せず）により案内された被写体に光を照射する照明光学系と、被写体からの反射光を受光する撮影光学系を有する。案内部材は、被写体が例えば手のひらであり、図１において手のひら３を水平線Ｈと平行になるように案内する場合、例えば水平線Ｈと平行な水平面を有する手のひら３を案内する透明板、或いは、手のひら３の外周部分のみを案内するフランジ５００などで形成しても良い。

【００４３】

図６は、撮影装置の第１の例を説明する図である。図６中、（ａ）は撮影装置１Ａの上面図、（ｂ）は撮影装置１Ａの側面の模式図ある。撮影装置１Ａは、カメラなどの撮影光学系１５と、照明光学系１６を有する。撮影光学系１５は、図４に示す如き撮像素子７及びレンズ（図示せず）などを有する。照明光学系１６は、基板１０上に設けられた複数（この例では８個）のＬＥＤ１１Ｂ及び導光体１２を有する。この例では、図６中、（ａ）に示すように、ＬＥＤ１１Ｂは撮影光学系１５の外側にリング状に配置されており、導光体１２は各ＬＥＤ１１Ｂを覆うようなリング形状を有する。なお、生体認証が利用者の手のひら３の静脈を利用する場合、ＬＥＤ１１Ｂは、単一色とみなせる波長帯域の光を出射すれば良い。

【００４４】

記憶部２２は、半導体記憶装置、磁気記憶装置などで形成可能であり、各種パラメータ

、画像データなどのデータを記憶する。記憶部２２は、制御部２１を形成するプロセッサが実行するプログラムを記憶しても良い。

【００４５】

処理部２４－１は、ＣＰＵを含む各種プロセッサ（または、コンピュータ）により形成可能であり、被写体の正規化処理を実行する。処理部２４－１は、補正処理部２４１及び輝度値取得部２４３を有する。記憶部２２は、処理部２４－１を形成するプロセッサが実行するプログラムを記憶しても良い。

【００４６】

第１実施例における画像処理方法の一例では、図５の画像処理装置２０－１を用いて、案内部材を利用して高さ$Z=Z_r$の位置にリファレンス物体８を配置し、撮影装置１Ａによりリファレンス物体８を撮影し、制御部２１の制御下で撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）の画像データを記憶部２２に記憶する。

【００４７】

処理部２４－１の輝度値取得部２４３は、制御部２１の制御下で、記憶部２２に記憶された撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）の画像データに基づき、リファレンス物体８上の各位置における輝度値を取得して記憶部２２に記憶する、輝度算出部の一例である。また、処理部２４－１の補正処理部２４１は、制御部２１の制御下で、

$$\alpha(x,y)=P/\{I_r(x,y)\cdot D_r^{\,2}(x,y)\}$$

で表される補正処理を実行するための、撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）に対する補正係数α（ｘ，ｙ）を算出して記憶部２２に記憶する、係数算出部の一例である。補正処理部２４１は、制御部２１の制御下で、撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）に

$$I'(x,y)=I(x,y)\cdot\alpha(x,y)$$
$$=I(x,y)\cdot[P/\{I_r(x,y)\cdot D_r^{\,2}(x,y)\}]$$

なる補正式で表される補正処理を施した撮影画像の輝度Ｉ'（ｘ，ｙ）をさらに算出して記憶部２２に記憶するようにしても良い。

【００４８】

なお、リファレンス物体８を高さ$Z=Z_r$の位置に配置可能な機構が設けられている場合には、上記案内部材を画像処理装置２０－１に設ける必要はなく、上記案内部材は図７と共に後述する生体認証装置２０－２に設けられていれば良い。

【００４９】

図７は、第１実施例における生体認証装置の一例を示すブロック図である。図７中、図５と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。図７に示す生体認証装置２０－２は、利用者の生体データ（この例では手のひら３の静脈）を登録する場合と、利用者の生体データを登録生体データと照合する場合に利用できる。

【００５０】

生体認証装置２０－２は、図７に示す如く接続された制御部２１、撮影装置１Ａ、記憶部２２、データベース部２３、処理部２４－２、特徴抽出部２５、及び照合処理部２６を有する。処理部２４－２は、補正処理部２４１、計算処理部２４２、輝度値取得部２４３、角度推定処理部２４４、及び角度補正処理部２４５を有する。記憶部２２は、処理部２４－２を形成するプロセッサが実行するプログラムを記憶しても良い。

【００５１】

利用者の生体データを登録する場合には、利用者は手のひら３を案内部材により案内された位置にかざす。撮影装置１Ａは、制御部２１の制御下で、手のひら３の静脈の画像を撮影し、撮影画像の登録用画像データを記憶部２２に記憶する。特徴抽出部２５は、制御部２１の制御下で、記憶部２２に記憶された手のひら３の静脈の撮影画像の登録用画像データから、生体認証に使用する特徴データを周知の方法で抽出し、特徴データをデータベース部２３に登録する。データベース部２３は、記憶部２２の一部により形成されていても良い。

【００５２】

利用者の生体データを登録生体データと照合する場合には、利用者は手のひら３を案内

部材により案内された位置にかざす。撮影装置１Ａは、制御部２１の制御下で、手のひら３の静脈の画像を撮影し、撮影画像の照合用画像データを記憶部２２に記憶する。

【００５３】

処理部２４－２は、記憶部２２に記憶された撮影画像の照合用画像データに対して正規化処理を施す。この正規化処理は、画像データの三次元的な姿勢情報を算出し、手のひら３の姿勢を正規化（即ち、正しい姿勢に補正）する。手のひら３の正しい姿勢とは、利用者の生体データを登録した時の手のひら３の姿勢である。

【００５４】

処理部２４－２において、輝度値取得部２４３は、記憶部２２に記憶された、高さＺ＝Z_rにおけるリファレンス物体８の輝度値を取得する。輝度値取得部２４３は、記憶部２２に記憶された、Ｚ＝Z_rにおけるリファレンス物体８の撮影画像の画像データを必要に応じて提供しても良い。なお、リファレンス物体８の画像データは、記憶部２２に記憶される際に圧縮などの画像処理を施されていても良いことは言うまでもない。

【００５５】

補正処理部２４１は、上記の如く算出されて記憶部２２に記憶された補正係数α（ｘ，ｙ）に基づき、記憶部２２に記憶された照合用画像データの各座標点（ｘ，ｙ）における輝度値を補正し、記憶部２２に記憶する。計算処理部２４２は、各座標点の画素（ｘ，ｙ）における補正された輝度値の画像データを用いてＳＦＳ計算モデルに基づく計算を行い、撮影装置１Ａの光源から各座標点の画素（ｘ，ｙ）までの距離を含むＳＦＳ情報を求める。ＳＦＳ計算モデルに基づく計算の計算方法は特に限定されないが、例えば上記非特許文献３に記載された方法を用いることができる。

【００５６】

角度推定処理部２４４は、補正処理部２４１で求めたＳＦＳ情報に基づいて、照合用の被写体の一例である手のひら３の基準面に対する傾き角を算出する、角度算出部の一例である。手のひら３の基準面は、例えば図１の例の場合、水平線Ｈと平行な水平面である。手のひら３の基準面に対する傾き角の算出の詳細については後述する。

【００５７】

角度補正処理部２４５は、角度推定処理部２４４で算出した手のひら３の基準面に対する傾き角に基づき、記憶部２２に記憶された照合用画像データを補正する、角度補正部の一例である。このような照合用画像データの補正の詳細については後述する。これにより、基準面に対して傾いた姿勢で撮影された手のひら３の照合用画像データは、基準面と平行な正しい姿勢で撮影された手のひら３の照合用画像データに補正される。照合用画像データの補正方法（即ち、回転方法）は特に限定されないが、例えば上記非特許文献４に記載された方法を用いることができる。なお、登録用画像データが基準面に対して傾いた姿勢で撮影されている場合であっても、手のひら３の高さは案内部材により略一定に保たれるので、照合用画像データは、この登録用画像データが撮影された姿勢と同じ姿勢における画像データに補正される。補正された照合用画像データは、制御部２１の制御下で、記憶部２２に記憶される。

【００５８】

特徴抽出部２５は、制御部２１の制御下で、記憶部２２に記憶された、補正された照合用画像データから、生体認証に使用する特徴データを周知の方法で抽出し、記憶部２２に記憶する。照合処理部２６は、制御部２１の制御下で、記憶部２２に記憶された、補正された照合用画像データの特徴データと、データベース部２３に登録されている、登録用画像データの特徴データとを照合し、照合結果を記憶部２２に記憶する。照合結果は、例えば照合用画像データの特徴データの、登録用画像データの特徴データに対する類似度を表す。

【００５９】

図８は、生体認証装置２０－２の認証処理の一例を説明するフローチャートである。認証処理を開始する場合、利用者は手のひら３を生体認証装置２０－２の案内部材により案内された位置にかざす。図８において、ステップＳ１では、制御部２１が撮影装置１Ａを

制御して特徴画像取得処理を実行することで、撮影装置１Ａが特徴画像を取得して記憶部２２に記憶する。特徴画像とは、被写体の特徴的な画像のことを言い、この例では手のひら３の静脈の画像を指す。従って、この例では、撮影装置１Ａが撮影した撮影画像の照合用画像データが特徴画像取得処理により取得される特徴画像である。

【００６０】

ステップＳ２では、制御部２１が処理部２４－２を制御して特徴画像の正規化を行う正規化処理を実行することで、処理部２４－２が手のひら３の三次元的な姿勢情報を取得し、この姿勢情報に基づいて手のひら３の姿勢を正しい姿勢に補正した特徴画像を記憶部２２に記憶する。正規化処理の詳細については、図９及び図１０と共に後述する。

【００６１】

ステップＳ３では、制御部２１が特徴抽出部２５を制御して特徴抽出処理を実行することで、特徴抽出部２５が補正された姿勢の特徴画像から生体認証に使用する特徴データを周知の方法で抽出して記憶部２２に記憶する。

【００６２】

ステップＳ４では、制御部２１が照合処理部２６を制御して照合処理を実行することで、照合処理部２６が補正された姿勢の特徴画像から抽出された特徴データと、データベース部２３に登録されている登録用特徴画像の特徴データとを照合して照合結果を取得して記憶部２２に記憶する。

【００６３】

利用者の生体データを登録生体データと照合する場合の認証処理は、上記の図８の如くであるが、利用者の生体データを登録する場合の登録処理は、上記認証処理のステップＳ４を省略すると共に、ステップＳ３において抽出した特徴画像の特徴データを記憶部２２ではなくデータベース部２３に記憶することで実現可能である。

【００６４】

図９は、図８のステップＳ２で実行される正規化処理の一例を説明するフローチャートである。図９において、ステップＳ２１では、制御部２１が輝度値取得部２４３及び補正処理部２４１を制御して輝度値補正処理を実行する。輝度値補正処理では、輝度値取得部２４３が記憶部２２に記憶された高さ$Z=Z_r$におけるリファレンス物体８の輝度値を取得し、補正処理部２４１が算出された補正係数α（ｘ，ｙ）に基づき、記憶部２２に記憶された照合用画像データの各座標点の画素（ｘ，ｙ）における輝度値を上記の補正式を用いて補正し、記憶部２２に記憶する。任意の係数をｈで表すと、この例では、各座標点の画素（ｘ，ｙ）は、（－ｈｘ，＋ｈｘ）、（－ｈｙ，＋ｈｙ）の範囲を動く。

【００６５】

図１０は、図９のステップＳ２１で実行される輝度値補正処理の一例を説明するフローチャートである。図１０において、ステップＳ２１１では、輝度値取得部２４３が画像座標ｘをｘ＝－ｈｘに初期化し、ステップＳ２１２では、輝度値取得部２４３が画像座標ｙをｙ＝－ｈｙに初期化する。ステップＳ２１３では、補正処理部２４１が画素（ｘ，ｙ）に対する補正係数α（ｘ，ｙ）を算出する。ステップＳ２１４では、補正処理部２４１が撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）を、補正係数α（ｘ，ｙ）を含む上記の補正式を用いて補正する。

【００６６】

ステップＳ２１５では、補正処理部２４１がｙをｙ＋１にインクリメントし、ステップＳ２１６では、補正処理部２４１がｙ＞ｈｙであるか否かを判定する。ステップＳ２１６の判定結果がＮＯであると処理はステップＳ２１３へ戻り、判定結果がＹＥＳであると処理はステップＳ２１７へ進む。ステップＳ２１７では、補正処理部２４１がｘをｘ＋１にインクリメントし、ステップＳ２１８では、補正処理部２４１がｘ＞ｈｘであるか否かを判定する。ステップＳ２１８の判定結果がＮＯであると処理はステップＳ２１２へ戻り、判定結果がＹＥＳであると処理は図９の処理へ戻ってステップＳ２２へ進む。

【００６７】

図９の説明に戻るに、ステップＳ２２では、制御部２１が計算処理部２４２を制御して

計算処理を実行する。この計算処理では、上記の輝度値補正処理を施した撮影画像の輝度Ｉ'（ｘ，ｙ）に基づいて、ＳＦＳ計算モデルに基づく計算を行い、撮影装置１Ａの光源から各座標点の画素（ｘ，ｙ）までの距離を含むＳＦＳ情報を求める。

【００６８】

ステップＳ２３では、制御部２１が角度推定処理部２４４を制御して角度推定処理を実行する。角度推定処理では、角度推定処理部２４４が上記計算処理で求めたＳＦＳに基づいて、照合用の被写体の一例である手のひら３の基準面に対する傾き角を算出する。手のひら３の基準面は、例えば図１の例の場合、水平線Ｈと平行な水平面である。手のひら３の基準面に対する傾き角の算出方法の一例では、例えば三次元データを一次元に投影し、一次元投影に対して直線フィッティングを行うようにしても良い。この場合、三次元の手のひら３の撮影画像の画像データ（X_i，Y_i，Z_i）（ｉ＝０，１,...は被写体上の座標を表すインデックス)を先ずＸＺ平面に投影し、この投影に対して直線を当てはめる直線フィッティングを行うことで、手のひら３のＸＺ平面に対する傾きを求める。次に、手のひら３の撮影画像の画像データ（X_i，Y_i，Z_i）をＹＺ平面に投影し、この投影に対して同様に直線を当てはめる直線フィッティングを行うことで、手のひら３のＹＺ平面に対する傾きを求める。このようにして、手のひら３のＸＺ平面に対する傾き及びＹＺ平面に対する傾きを求めることで、手のひら３の基準面に対する傾き角を求めることができる。なお、直接的に平面の方程式を三次元の手のひら３の撮影画像の画像データ（X_i，Y_i，Z_i）データに当てはめることで、手のひら３の基準面に対する傾き角を求めても良い。

【００６９】

ステップＳ２４では、制御部２１が角度補正処理部２４５を制御して角度補正処理を実行する。角度補正処理では、角度補正処理部２４５が角度推定処理部２４４で算出した手のひら３の基準面に対する傾き角に基づき、記憶部２２に記憶された照合用画像データを補正する。これにより、基準面に対して傾いた姿勢で撮影された手のひら３の照合用画像データは、基準面と平行な正しい姿勢で撮影された手のひら３の照合用画像データに補正される。照合用画像データの補正（即ち、回転）は、例えば手のひら３を平面に近似して回転しても良い。また、三次元的な回転処理を用いて照合用画像データを補正しても良い。三次元的に回転処理の方がより正確な回転処理となるが、計算処理は増大するため、計算処理の高速化が優先される場合には被写体を平面近似して回転するようにしても良い。

【００７０】

次に、上記高さ可変補正処理を用いる第２の実施例を説明する。図１１は、第２実施例における画像処理装置の一例を示すブロック図である。図１１中、図５と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

【００７１】

図１１において、画像処理装置２０－３は、上記第１実施例における撮影装置１Ａ及び処理部２４－１の代わりに、撮影装置１Ｂ及び処理部２４－３を有する。処理部２４－３は、補正処理部２４１、輝度値取得部２４３、及び距離測定処理部２４６を有する。本実施例では、画像処理装置２０－３に案内部材が設けられておらず、撮影装置１Ｂの光源から被写体の一例である手のひら３の各点までの距離、即ち、手のひら３の高さを、撮影装置１Ｂに設けられた距離測定用のＬＥＤを用いて測定する。記憶部２２は、処理部２４－３を形成するプロセッサが実行するプログラムを記憶しても良い。

【００７２】

図１２は、撮影装置の第２の例を説明する図である。図１２中、（ａ）は撮影装置１Ｂの上面図、（ｂ）は撮影装置１Ｂの側面の模式図ある。図１２中、図６と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。撮影装置１Ｂは、複数の距離測定用の発光素子の一例であるＬＥＤ１９（この例では４個）を有する。この例では、ＬＥＤ１９は、リング形状を有する導光体１２の外側の、基板１０の四隅に配置されている。ＬＥＤ１９から出射された光は被写体で反射され、撮影光学系１５により受光される。

【００７３】

処理部２４－３の距離測定処理部２４６は、撮影光学系１５により受光された被写体からの反射光に基づいて、ＬＥＤ１９から被写体までの距離を周知の方法で測定する、測距機能を有する測距部の一例である。距離の測定方法の具体例については後述する。上記第１実施例においては、案内部材（例えば、フランジ５００）が設けられているため、リファレンス物体８の高さＺは既知の値$Ｚ_{r}$である。これに対し、本実施例においては、案内部材が設けられていないので、リファレンス物体８の高さＺを距離測定処理部２４６により測定する。なお、本実施例において、リファレンス物体８を高さ$Ｚ＝Ｚ_{r}$の位置に配置可能な機構が設けられている場合には、撮影装置１Ｂの代わりに撮影装置１Ａを使用可能であることは言うまでもない。

【００７４】

本実施例では、被写体の高さと同じ高さのリファレンス物体８の輝度値を輝度値補正処理に利用する。このため、処理部２４－３の輝度値取得部２４３は、制御部２１の制御下で、記憶部２２に記憶された撮影画像の輝度Ｉ（ｘ，ｙ）の画像データに基づき、距離測定処理部２４６により測定された高さＺにあるリファレンス物体８上の各位置における輝度値を取得し、記憶部２２に記憶する。この場合の光学系は、図４に示す光学系と同様である。

【００７５】

例えば、３つの異なる高さ$Ｚ_{r0}$，$Ｚ_{r1}$，$Ｚ_{r2}$におけるリファレンス物体８を撮影装置１Ｂで撮影し、その時の輝度値を元にフィッテイングを行い、フィッティングの計算式の係数を保存しても良い。フィッティングは、例えば次のような計算式で表すことができる。

【００７６】

$$Ｉ_{r,Z}（ｘ，ｙ）＝｛Ａ（ｘ，ｙ）／Ｄ_{r}^{2}｝＋｛Ｂ（ｘ，ｙ）／Ｄ_{r}｝＋Ｃ（ｘ，ｙ）$$

ここで、$Ｉ_{r,Z}$（ｘ，ｙ）は、フィッテングの結果として求めるリファレンス物体８の座標（ｘ，ｙ）における輝度値である。また、$Ｄ_{r}$は、高さＺにリファレンス物体８が存在する場合の撮影装置１Ｂの光源からリファレンス物体８までの距離である。さらに、Ａ（ｘ，ｙ），Ｂ（ｘ，ｙ），Ｃ（ｘ，ｙ）は、画像上の点（ｘ，ｙ）に対応する位置におけるフィッティングの計算式の係数である。フィッティングの計算式の係数は、上記の式からも分かるように、画像上の点（ｘ，ｙ）毎に異なった値を持つ。

【００７７】

画像上の座標（ｘ，ｙ）に対応するリファレンス物体８の座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）は、次の式から求めることができる。

【００７８】

$$Ｘ＝（Ｚ／ｆ）・ｘ$$
$$Ｙ＝（Ｚ／ｆ）・ｙ$$

このため、光源からリファレンス物体８までの距離$Ｄ_{r}$は、次の式から求めることができる。

【００７９】

$$Ｄ_{r}（ｘ，ｙ）＝（Ｘ^{2}＋Ｙ^{2}＋Ｚ^{2}）^{1／2}$$

上記計算式では、リファレンス物体８の輝度値は被写体までの距離$Ｄ_{r}$に対して、$Ｄ_{r}$のマイナス２乗、$Ｄ_{r}$のマイナス１乗、$Ｄ_{r}$の０乗（＝定数項）の３つから成ることを仮定している。点光源モデルのような理想的条件では、$Ｄ_{r}$のマイナス２乗項のみが有効であるが、実際の撮影装置１Ｂでは$Ｄ_{r}$のマイナス２乗項だけでは表せない項が存在するため、上記の係数Ｂ，Ｃも含めて計算を行う。

【００８０】

画像上の点（ｘ，ｙ）に着目した場合に係数Ａ，Ｂ，Ｃを算出する手順を以下に示す。３つの異なる高さ$Ｚ_{r0}$，$Ｚ_{r1}$，$Ｚ_{r2}$におけるリファレンス物体８の輝度値$Ｉ_{r,Z0}$（ｘ，ｙ），$Ｉ_{r,Z1}$（ｘ，ｙ），$Ｉ_{r,Z2}$（ｘ，ｙ）は、次の式に基づいて算出できる。

【００８１】
【数１】

$$\begin{cases} I_{r,Z_0}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_0{}^2}+\dfrac{B(x,y)}{D_0}+C(x,y) \\ I_{r,Z_1}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_1{}^2}+\dfrac{B(x,y)}{D_1}+C(x,y) \\ I_{r,Z_2}(x,y)=\dfrac{A(x,y)}{D_2{}^2}+\dfrac{B(x,y)}{D_2}+C(x,y) \end{cases}$$

ここで、D_0，D_1，D_2は、光源から３つの異なる高さZ_{r0}，Z_{r1}，Z_{r2}におけるリファレンス物体８までの距離である。これらの距離D_0，D_1，D_2は、画像上の座標（ｘ，ｙ）と撮影装置１Ｂの撮影光学系１５のレンズの焦点距離ｆが決まれば、高さZ_rを適用することで算出できる。このため、上記の式は、３つの未知変数（Ａ，Ｂ，Ｃ）に対する３つの連立方程式であり、これらの連立方程式を解くことにより係数Ａ，Ｂ，Ｃを求めることができる。

【００８２】
図１３は、第２実施例における生体認証装置の一例を示すブロック図である。図１３中、図７及び図１１と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。図１３に示す生体認証装置２０－４は、利用者の生体データ（この例では手のひら３の静脈）を登録する場合と、利用者の生体データを登録生体データと照合する場合に利用できる。

【００８３】
図１３に示す生体認証装置２０－４の処理部２４－４は、反射率推定処理部２４７を有する。反射率推定処理部２４７は、 被写体の反射率を周知の方法で推定する。反射率の推定方法の具体例については後述する。記憶部２２は、処理部２４－４を形成するプロセッサが実行するプログラムを記憶しても良い。

【００８４】
生体認証装置２０－４の認証処理は、基本的には図８の認証処理と同様であるが、認証処理を開始する場合、案内部材が設けられていないため、利用者は手のひら３を生体認証装置２０－４の所定の領域内にかざす。撮影装置１Ｂは、この所定の領域内にかざされた手のひら３の静脈の画像を撮影可能である。

【００８５】
図１４は、本実施例において、図８のステップＳ２で実行される正規化処理の一例を説明するフローチャートである。図１４中、図９と同一ステップには同一符号を付し、その説明は省略する。本実施例では、被写体の高さが可変であるため、先ずステップＳ２５の距離測定処理を実行し、その後、被写体の反射率を推定する反射率推定処理を実行する。その後、ステップＳ２１の輝度値補正処理、ステップＳ２２の計算処理、ステップＳ２３の角度推定処理、及びステップＳ２４の角度補正処理を実行する点は、上記第１実施例と同様である。

【００８６】
図１４において、ステップＳ２５では、制御部２１が距離測定処理部２４６を制御して距離測定処理を実行する。距離測定処理では、距離測定処理部２４６が撮影装置１ＢのＬＥＤ１９から出射された光ビームが形成する被写体上のスポットの大きさなどに基づいて

、ＬＥＤ１９から被写体上の各スポットまでの距離を測定する。この例では、ＬＥＤ１９が照明光学系１６の光源の一例であるＬＥＤ１１Ｂと基板１０上の同じ高さ位置に設けられているので、距離測定処理部２４６は光源から被写体までの距離を測定できる。被写体がリファレンス物体８であれば、光源からリファレンス物体８までの距離、即ち、リファレンス物体の高さ位置を測定できる。また、被写体が利用者の手のひら３であれば、光源から手のひら３までの距離、即ち、手のひら３の高さ位置を測定できる。

【００８７】

図１５は、スポット光画像の一例を説明する図である。図１５中、（ａ）は被写体が高さ位置H_1にある場合に撮影装置１Ｂにより撮影された画像の一例を示し、（ｂ）は被写体が高さ位置H_2（$H_2 > H_1$）にある場合に撮影装置１Ｂにより撮影された画像の一例を示す。図１５の（ａ）において、２０１－１は、高さ位置H_1におけるＬＥＤ１９による被写体上の光ビームのスポットを示し、４つのスポット２０１－１を含む円２００－１は、撮影装置１Ｂによる高さ位置H_1にある被写体の撮影領域を示す。また、図１５の（ｂ）において、２０１－２は、高さ位置H_2におけるＬＥＤ１９による被写体上の光ビームのスポットを示し、４つのスポット２０１－２を含む円２００－２は、撮影装置１Ｂによる高さ位置H_2にある被写体の撮影領域を示す。さらに、Ｐ（Ｘ）は、画像の中心からスポット２０１－１までの距離を表す。上記の距離Ｐ（Ｘ）は、被写体の高さ位置が高くなる程小さくなるため、被写体の高さ位置をこの距離Ｐ（Ｘ）に基づいて算出することができる。また、被写体上のスポットの大きさ（例えば、スポットの径）は、被写体の高さ位置が高くなる程小さくなり、被写体上のスポットの位置は、被写体の高さ位置が高くなる程撮影領域の中心に近づくため、被写体の高さ位置をスポットの大きさと位置に基づいて算出することもできる。

【００８８】

なお、被写体の高さ位置の測定方法は、上記の方法に限定されるものではない。また、測定方法は、例えば上記特許文献１，２などに記載されている方法を利用しても良い。

【００８９】

図１４において、ステップＳ２６では、制御部２１が反射率推定処理部２４７を制御して反射率推定処理を実行する。反射率推定処理では、反射率推定処理部２４７が被写体の反射率（例えば、明るい被写体であるか暗い被写体であるか）を推定する。被写体の反射率は、例えば被写体が手のひら３の場合、利用者毎に異なる。そこで、被写体の反射率を推定することで、被写体にかかわらず、安定してＳＦＳ計算モデルに基づく計算を行い、撮影装置１Ｂの光源から各座標点の画素（ｘ，ｙ）までの距離を含むＳＦＳ情報を求めることが可能となる。

【００９０】

反射率推定処理の一例を説明する。この例では、撮影装置１ＢのＬＥＤ１９による被写体上の光ビームのスポットを利用する。図１６は、反射率推定処理の一例を説明する図である。図１６中、（ａ）は撮影装置１ＢのＬＥＤ１９による被写体上の光ビームのスポット２０１－１を示し、（ｂ）は撮影装置１Ｂによる照合用画像の撮影領域２００－１を示す。上記の如く、ＬＥＤ１９からの光ビームのスポット２０１－１が形成される被写体上の高さZ_s（この例では$Z_s = H_1$）、正確に推定可能である。また、光ビームのスポット２０１－１が形成される被写体上の位置における照合用画像の輝度値I_sは、上記の如き方法で取得可能である。高さZ_sにおけるリファレンス物体８の輝度値I_rは、輝度値取得部２４３により取得可能である。このため、撮影装置１Ｂが撮影した被写体の反射率R_fは、$R_f = I_s / I_r$なる式に基づいて推定可能である。

【００９１】

光ビームのスポットが複数存在する場合、各スポットの位置で求めた反射率R_fの平均値を採用しても良い。また、手のひら３の静脈を利用した生体認証の場合、光ビームのスポットが偶然輝度値が比較的低い静脈の位置に形成される場合が発生し得る。このような場合を想定し、例えば４つの光ビームのスポットから算出した４つの反射率R_fのうち、最も低い反射率を除いた残りの３つ反射率の平均値を採用しても良い。

【００９２】
図１４において、ステップＳ２１では、制御部２１が輝度値取得部２４３及び補正処理部２４１を制御して輝度値補正処理を実行する。輝度値補正処理では、輝度値取得部２４３が記憶部２２に記憶された高さＺ＝Ｚ$_{r}$におけるリファレンス物体８の輝度値を取得し、補正処理部２４１が算出された補正係数α（ｘ，ｙ）に基づき、記憶部２２に記憶された照合用画像データの各座標点の画素（ｘ，ｙ）における輝度値を上記の補正式を用いて補正し、記憶部２２に記憶する。なお、上記第１実施例における輝度値補正処理と異なる点は、撮影画像に対して上記反射率推定処理で推定した反射率Ｒ$_{f}$を用いた次式で表される輝度値補正処理を実行する点と、リファレンス物体８の高さとして上記距離測定処理により測定された被写体（この例では利用者の手のひら３）の高さ、或いは、測定された被写体の平均高さを用いる点である。
【００９３】
Ｉ'（ｘ，ｙ）＝Ｉ（ｘ，ｙ）／Ｒ$_{f}$
なお、リファレンス物体８の輝度値を求めるのに用いる上記の式は、距離Ｄ$_{r}$に依存する形式で表現されている。しかし、リファレンス物体８上の注目点の法線方向と撮影装置１Ａ（または、１Ｂ）の光源と着目点とを結ぶ仮想線がなす角度をΔθで表すと、リファレンス物体８の輝度値を求めるのに用いる上記の式には、より正確にはcosΔθの項が含まれる。このcosΔθの項は、リファレンス物体８上の注目点の位置に応じて角度Δθが異なり光量低下の度合が異なることを表している。距離Ｄ$_{r}$と比較すると、cosΔθの項は影響の度合いが比較的小さいため、上記の例では省略しているが、cosΔθの項を考慮してリファレンス物体８の輝度値を求めるようにしても良い。
【００９４】
上記の各実施例において、被写体の三次元形状の算出を生体認証に適用することで、生体認証の精度を向上できる。なお、各実施例において、以下に説明する如き処理（１）～（４）をさらに実行するようにしても良い。
【００９５】
（１）照明の対称性を利用したノイズ除去処理：
図１７は、リファレンス物体の輝度値の平滑化の一例を説明する図である。手のひら３の静脈を撮影する撮影装置１Ａ（または、１Ｂ）の場合、図６（または、図１２）に示すように、光源（ＬＥＤ１１Ｂ）が撮影光学系１５を中心に撮影光学系１５の周囲に配置されている。そこで、例えば図１７において○印で示す、撮影画像上の互いに対称位置にある４点の輝度値の平均値に対して上記のフィッティングを行うことで、ノイズ低減効果を得ることができる。
【００９６】
（２）照明の対称性を利用した係数削減処理：
図１８は、リファレンス物体の輝度値のフィッティング係数の保存の一例を説明する図である。手のひら３の静脈を撮影する撮影装置１Ａ（または、１Ｂ）の場合、図６（または、図１２）に示すように、光源（ＬＥＤ１１Ｂ）が撮影光学系１５を中心に撮影光学系１５の周囲に配置されている。このため、上記の係数Ａ，Ｂ，Ｃのデータは、例えば図１８において梨地で示す、撮影画像の１／４の領域について演算及び保存するだけで十分である。この結果、計算処理部２４２などの計算処理の高速化を図り、計算処理で利用する記憶部２２の記憶領域を削減する係数削減効果を得ることができる。
【００９７】
（３）画像の縮小処理を適用することによる高速化：
ＳＦＳ計算モデルに基づく計算には、ＳＦＳ計算モデルによって比較的長い処理時間が必要となる場合がある。例えば、上記非特許文献３の方法では、微分方程式を繰り返し演算によって数値的に解くことで解を得るため、計算の条件（画像の解像度や必要な精度）によっては計算の処理時間が長くなってしまう。一方、被写体の傾きを検出する場合は、被写体の細かい凹凸情報は不要である。そこで、被写体の撮影画像を縮小して処理することにより、必要な情報（傾き情報）を得つつ、計算処理を高速化することができる。

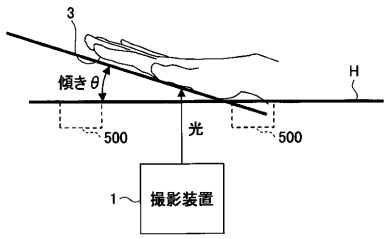
【００９８】
（４）ＳＦＳで算出した角度情報を利用者の誘導に利用する実装：
また、ＳＦＳ計算モデルに基づく計算で得られた三次元情報を、生体認証処理における正規化処理だけでなく、利用者に対する誘導のに利用しても良い。この場合、利用者の手の平３の撮影画像に対してＳＦＳ計算モデルに基づく計算を行い三次元情報を取得し、手のひら３が傾いている場合には、利用者に対して手のひら３の傾きの補正を促すメッセージを表示するなどしても良い。このような場合、被写体の細かい凹凸情報は不要である。。そこで、被写体の撮影画像をさらに縮小して処理することにより、必要な情報（傾き情報）を得つつ、計算処理をさらに高速化することができる。
【００９９】
上記画像処理方法は、撮影装置全般に適用可能であるが、特に手のひらの静脈を利用した生体認証装置に好適である。手のひらの静脈を利用した生体認証では、手のひらの三次元的な形状をＳＦＳ技術によって測定し、上記の如く、手のひらの位置、即ち、手のひらの傾きを含む三次元的な姿勢を求めることができる。手のひらの傾きを画像処理によって補正することにより、生体認証の精度を向上できる。
【０１００】
画像処理装置、生体認証装置、画像処理方法及びプログラムの各実施例によれば、物体の形状を高精度に認識することができる。
【０１０１】
以上の実施例を含む実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。
（付記１）
被写体に光を照射する光源と、
前記被写体を撮像する撮像素子と、
前記被写体上の複数の位置の輝度を測定する輝度算出部と、
前記複数の位置の夫々毎に、当該位置から前記光源までの距離及び当該位置における輝度に応じた補正係数を算出する係数算出部と、
を備えたことを特徴とする、画像処理装置。
（付記２）
前記係数算出部は、前記被写体の前記光源からの距離毎に補正係数を算出することを特徴とする、付記１記載の画像処理装置。
（付記３）
光を照射された生体の画像を撮像する撮像素子と、
前記画像内の複数の位置の輝度を測定する輝度算出部と、
前記画像内の複数の位置の夫々毎に、当該位置に対応するリファレンス物体上の位置から前記リファレンス物体に前記光を照射する光源までの距離、及び前記リファレンス物体の当該位置における輝度値に応じて算出された補正係数を記憶する記憶部と、
前記複数の位置の夫々毎に、当該位置における前記輝度を当該位置における前記補正係数に基づいて補正する輝度補正部と、
を備えたことを特徴とする、生体認証装置。
（付記４）
前記距離が長いほど前記輝度の補正量が大きいことを特徴とする、付記３記載の生体認証装置。
（付記５）
前記補正係数は、前記輝度の逆数に比例し、前記生体上の各位置から前記光源までの距離のマイナス２乗に比例することを特徴とする、付記４記載の生体認証装置。
（付記６）
前記輝度の分布から前記生体の傾きを算出する角度算出部をさらに備えたことを特徴とする、付記３乃至５のいずれか１項記載の生体認証装置。
（付記７）
前記生体の傾きに基づき、前記生体上の位置を補正する角度補正部をさらに備えたこと

を特徴とする、付記６記載の生体認証装置。
（付記８）
前記光源から前記生体までの距離を測定する測距機能を有する測距部をさらに備えたことを特徴とする、付記３乃至７のいずれか１項記載の生体認証装置。
（付記９）
光源からの光を照射された被写体を撮影装置により撮影して撮影画像を取得し、
前記撮影画像に基づき、前記被写体上の複数の位置の輝度をプロセッサにより測定し、
前記複数の位置の夫々毎に、当該位置から前記光源までの距離及び当該位置における輝度に応じた補正係数を前記プロセッサにより算出する
ことを特徴とする、画像処理方法。
（付記１０）
前記被写体の前記光源からの距離毎に補正係数を前記プロセッサにより算出することを特徴とする、付記９記載の画像処理方法。
（付記１１）
コンピュータに、撮影装置により撮影された、光源からの光を照射された被写体の撮影画像に対する画像処理を実行させるプログラムであって、
前記撮影画像に基づき、前記被写体上の複数の位置の輝度を測定する手順と、
前記複数の位置の夫々毎に、当該位置から前記光源までの距離及び当該位置における輝度に応じた補正係数を前記プロセッサにより算出する手順と
を前記コンピュータに実行させることを特徴とする、プログラム。
（付記１２）
前記被写体の前記光源からの距離毎に補正係数を算出する手順を前記コンピュータにさらに実行させることを特徴とする、付記１１記載のプログラム。
（付記１３）
コンピュータに、撮影装置により撮影された、光源からの光を照射された生体の撮影画像に基づく生体認証処理を実行させるプログラムであって、
前記撮影画像内の複数の位置の輝度を測定する算出手順と、
記憶部に記憶された、前記撮影画像内の複数の位置の夫々毎の、当該位置に対応する前記生体上の位置から前記光源までの距離、及び当該位置における輝度値に応じた補正係数に基づき、前記複数の位置の夫々毎に、当該位置における前記輝度を補正する補正手順と
を前記コンピュータに実行させることを特徴とする、プログラム。
（付記１４）
前記距離が長いほど前記輝度の補正量が大きいことを特徴とする、付記１３記載のプログラム。
（付記１５）
前記補正係数は、前記輝度の逆数に比例し、前記生体上の各位置から前記光源までの距離のマイナス２乗に比例することを特徴とする、付記１４記載のプログラム。
（付記１６）
前記輝度の分布から前記生体の傾きを算出する手順を前記コンピュータにさらに実行させることを特徴とする、付記１３乃至１５のいずれか１項記載のプログラム。
（付記１７）
前記生体の傾きに基づき、前記生体上の位置を補正する手順を前記コンピュータにさらに実行させることを特徴とする、付記１６記載のプログラム。
（付記１８）
前記光源から前記生体までの距離を測定する測距手順を前記コンピュータにさらに実行させることを特徴とする、付記１３乃至１７のいずれか１項記載のプログラム。
【０１０２】
以上、開示の画像処理装置、生体認証装置、画像処理方法及びプログラムを実施例により説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能であることは言うまでもない。

【符号の説明】
【０１０３】
３　　手のひら
１，１Ａ，１Ｂ　　撮影装置
１０　　基板
１１Ｂ　　ＬＥＤ
１２　　導光体
１５　　撮影光学系
１６　　照明光学系
２０－１，２０－３　　画像処理装置
２０－２，２０－４　　生体認証装置
２１　　制御部
２２　　記憶部
２３　　データベース部
２４－１～２４－４　　処理部
２５　　特徴抽出部
２６　　照合処理部

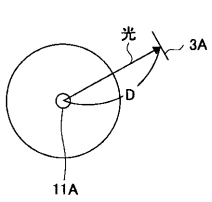
【図１】

手のひらの傾きを推定する処理の一例を説明する図



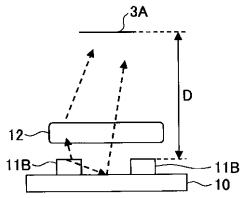
【図２】

点光源モデルの一例を説明する図



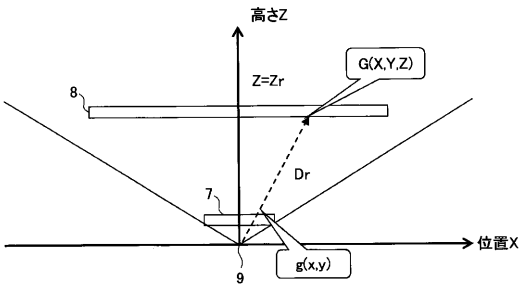
【図３】

光源が複数の発光素子を有する一例を説明する図



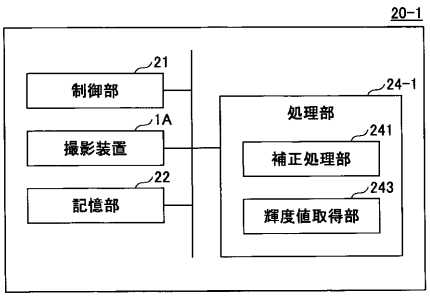
【図４】

光学系の一例を説明する図



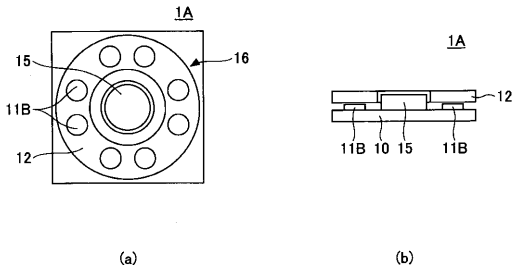
【図５】

第１実施例における画像処理装置の一例を示すブロック図



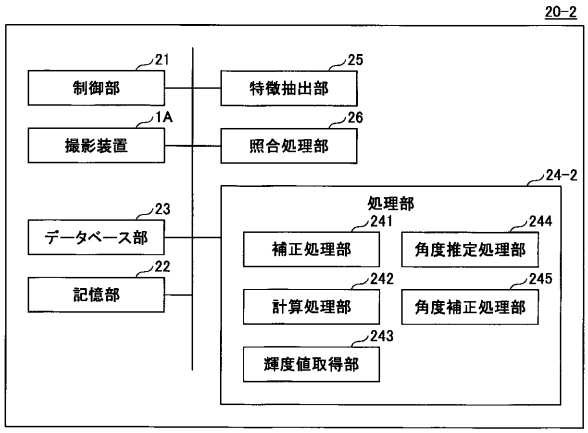
【図６】

撮影装置の第１の例を説明する図



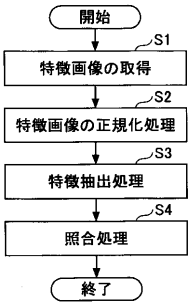
【図７】

第１実施例における生体認証装置の一例を示すブロック図



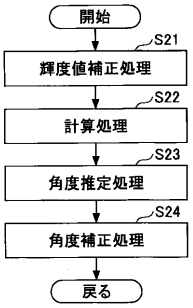
【図８】

認証処理の一例を説明するフローチャート



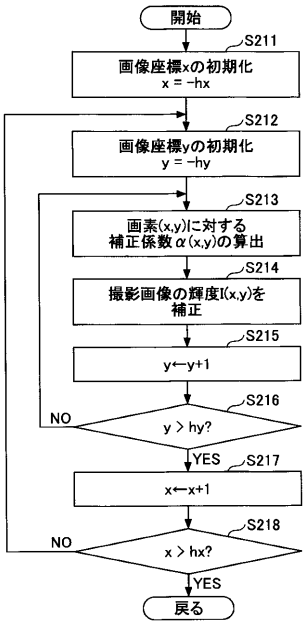
【図９】

正規化処理の一例を説明するフローチャート



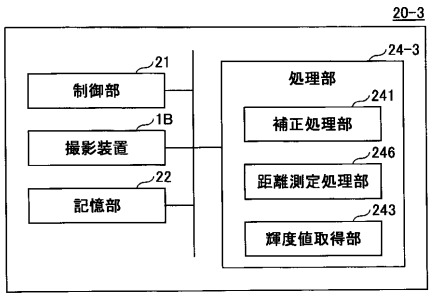
【図１０】

輝度値補正処理の一例を説明するフローチャート



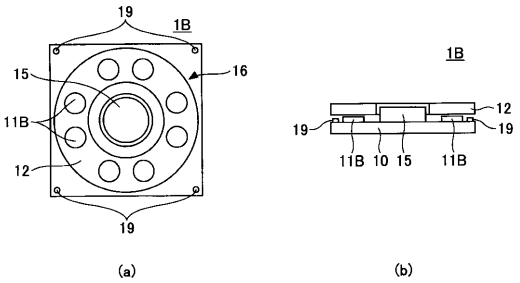
【図１１】

第2実施例における画像処理装置の一例を示すブロック図



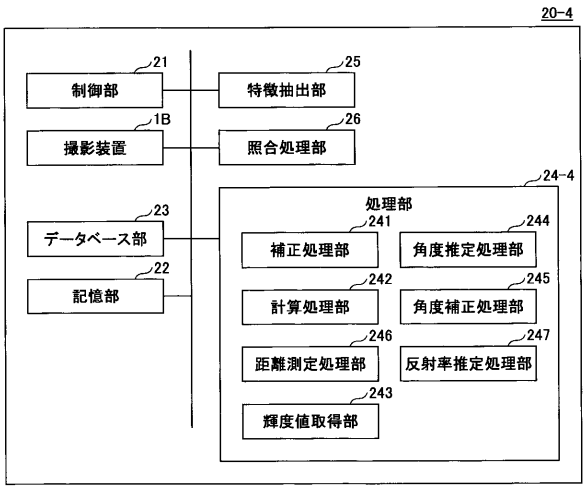
【図１２】

撮影装置の第2の例を説明する図



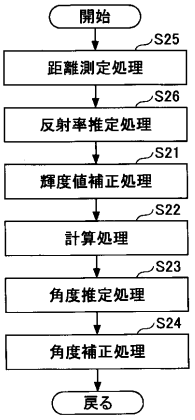
【図１３】

第2実施例における生体認証装置の一例を示すブロック図



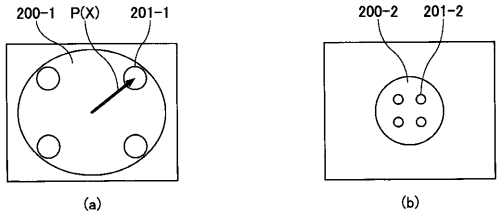
【図１４】

正規化処理の一例を説明するフローチャート



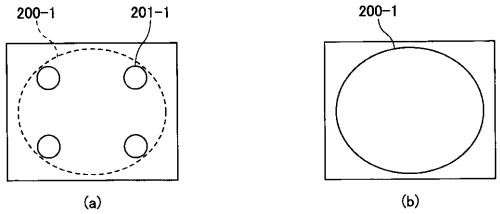
【図１５】

スポット光画像の一例を説明する図



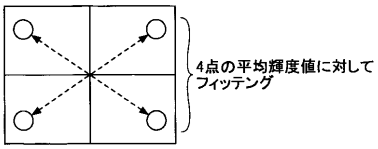
【図１６】

反射率推定処理の一例を説明する図



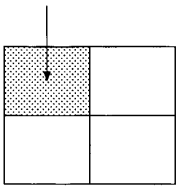
【図１７】

リファレンス物体の輝度値の平滑化の一例を説明する図



【図１８】

リファレンス物体の輝度値のフィッティング係数の保存の一例を説明する図



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０１３－１９６３３１（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３３７２５４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０８８４０９（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／０１４９３８０（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１０－０４９６６４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１０３５１３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１８６７１５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０６Ｔ　　１／００
Ｇ０６Ｔ　　７／００
Ｇ０１Ｂ　１１／００
Ｇ０１Ｂ　１１／２４
Ｇ０１Ｂ　１１／２６