

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-146650  
(P2008-146650A)

(43) 公開日 平成20年6月26日(2008.6.26)

(51) Int.Cl.

G06T 5/00 (2006.01)  
G06T 1/00 (2006.01)

F 1

G06T 5/00 100  
G06T 1/00 340A

テーマコード(参考)

5B057

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-314684 (P2007-314684)  
 (22) 出願日 平成19年12月5日 (2007.12.5)  
 (31) 優先権主張番号 11/637,351  
 (32) 優先日 平成18年12月12日 (2006.12.12)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 596170170  
 ゼロックス コーポレイション  
 XEROX CORPORATION  
 アメリカ合衆国 コネチカット州 スタン  
 フォード、ロング・リッジ・ロード 80  
 O  
 (74) 代理人 100082005  
 弁理士 熊倉 賢男  
 (74) 代理人 100067013  
 弁理士 大塚 文昭  
 (74) 代理人 100086771  
 弁理士 西島 孝喜  
 (74) 代理人 100109070  
 弁理士 須田 洋之

最終頁に続く

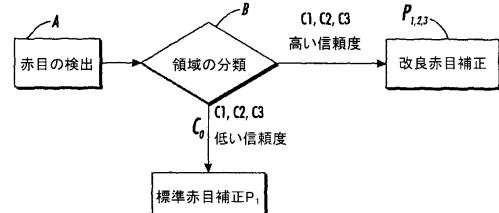
(54) 【発明の名称】適応赤目補正

## (57) 【要約】

【課題】赤目候補が検出された画像のパッチをその入力として利用する画像処理方法を提供すること。

【解決手段】画像処理方法は、赤目候補の標準補正と関連する標準的な第1クラスのパッチ、または、赤目候補の改良補正と関連する少なくとも1種の第2クラスのパッチにパッチを割り振るように訓練された分類器によってパッチを分類する。改良補正是、画像が劣化する危険性を低減させる目的で、第2クラスのパッチのためにデザインされたものである。分類する際、任意に、分類と関連する信頼度を求めてよい。画像が少なくとも1種の第2クラスに分類され、尚且つ、信頼度が閾値を超える場合、改良補正がパッチに適用される。さもなければ、標準補正がパッチに適用される。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

赤目候補が検出された画像のパッチについて、前記パッチを、前記赤目候補の標準補正と関連する第1クラスのパッチ、または、前記赤目候補の改良補正と関連する少なくとも1種の第2クラスのパッチに割り振る画像処理方法であって、

前記改良補正是、画像が劣化する危険性を低減させる目的で、前記第2クラスのパッチのためにデザインされたものであり、

前記割り振りでは、パッチを前記第1クラスのパッチまたは前記少なくとも1種の第2クラスのパッチに割り振るように訓練された分類器によって前記パッチを分類し、

前記パッチが前記少なくとも1種の第2クラスに割り振られた場合、前記改良補正を前記赤目候補に適用し、そして

前記パッチが前記第1クラスに割り振られた場合、前記標準補正を前記赤目候補に適用する、

ことを特徴とする画像処理方法。

**【請求項 2】**

画像処理装置であって、

原画像またはそれから得られる解像度が変更された画像からなるデジタル画像の複数のピクセルに対して、ピクセルが赤目内にある確率を割り当て、そして前記割り当てられた確率に基づいて画像のパッチが赤目候補を含んでいるかどうか識別する検出コンポーネントと、

赤目候補が確認されたデジタル画像のパッチを第1クラスの画像のうちの1種および少なくとも1種の第2クラスの画像に分類し、任意に前記分類に信頼度を割り当てる分類器であって、前記第1クラスは前記赤目候補の標準補正と関連しており、前記少なくとも1種の第2クラスは前記赤目候補の改良補正と関連しており、前記改良補正是、デジタル画像が劣化する危険性を低減させる目的で、前記第2クラスの画像のためにデザインされたものであることを特徴とする分類器と、

前記分類器による分類に基づいて、前記改良補正または前記標準補正のいずれかを前記赤目候補に適用する補正コンポーネントと、  
を含んでなる画像処理装置。

**【請求項 3】**

画像のパッチが赤目候補を含むデジタル画像を入力として利用するデジタル画像用分類器であって、赤目候補の改良補正が赤目候補の標準補正ほど画像のパッチを劣化させない画像を識別し、且つ、前記標準補正が適用されるべき第1クラスまたは前記改良補正が適用される少なくとも1種の第2クラスに画像を分類するように訓練されていることを特徴とするデジタル画像用分類器。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本模範的実施態様は、画像処理に関する。本実施態様は、赤目現象に関するデジタル画像の自動補正に関連した特定用途に利用される。

**【0002】**

赤目（現象）は、写真画像によく見られる問題であり、フラッシュが使用されるときはいつも起こり得る。ヒトの網膜から反射される光が、瞳孔を、それらの自然な色の代わりに赤色に見えるようになる。

デジタル写真撮影における赤目効果の自動補正是、画像内の赤目領域と非赤目（すなわちその他の）領域を識別する検出工程と、赤目効果を反転させようとする補正工程とを伴うことがある。

**【0003】**

この理由の1つは、補正によってグリントが取り除かれてしまうことがあることがある。グリントとは、目に輝きを与える、写真の目の領域内にある一般には小さく、白い正

10

20

30

40

50

反射を指す。輝きが無いと、目に霸気または活気が無いように見えてしまうことがあり、魅力の無い写真になってしまふ。グリントは、角膜の湾曲が原因となって生じ、一般にフラッシュの光の下で生じるが、自然光の中で撮られた写真でも見られる。

#### 【0004】

ある1つの態様において、画像処理方法は、赤目候補 (candidate red-eye) が検出された画像のパッチについて、前記パッチを、第1クラスまたは1種以上の第2クラスに割り振る。前記割り振りでは前記パッチを分類器で分類するが、前記分類器は、赤目候補の標準補正と関連する第1クラスのパッチ、または、赤目候補の改良補正と関連する1種以上の第2クラスのパッチにパッチを割り振るように訓練されている。前記改良補正是、画像が劣化する危険性を低減させる目的で、前記第2クラスのパッチのためにデザインされたものである。パッチが1種以上の第2クラスに割り振られた場合、前記改良補正が赤目候補に適用される。パッチが第1クラスに割り振られた場合、前記標準補正が赤目候補に適用される。

10

#### 【0005】

前記方法において、前記分類器がパッチを少なくとも1種の第2クラスに割り当てた場合、前記分類と関連する信頼度をさらに求めてよい。前記信頼度が閾値を越えた場合、前記改良補正が適用される。

#### 【0006】

前記第2クラスは、複数の第2クラス、例えば2、3、あるいはそれ以上の第2クラスから成っていてもよい。第2クラスの第1種についての閾値は、第2クラスの第2種についての閾値よりも高くてもよい。第2クラスは、それぞれ、対応する改良補正と関連付けられていてもよい。

20

#### 【0007】

パッチが分類器によって第2クラスに分類され、尚且つ、信頼度が閾値を超えない場合、標準補正を赤目候補に適用してもよい。

#### 【0008】

分類器は、標準補正では第1種の劣化を生じ易い画像を第1種の第2クラスの画像に割り振り、標準補正では第2種の劣化を生じ易い画像を第2種の第2クラスの画像に割り振るように訓練してもよい。

30

#### 【0009】

前記少なくとも2種の第2クラスは、a) 標準補正では、赤目候補が瞳孔に対応する領域からはみ出してしまう補正となってしまう可能性があるパッチからなるクラス、b) 標準補正では、原画像よりも縁がぼやけて見えるように赤目候補が補正された瞳孔が生成される可能性があるパッチからなるクラス、およびc) 標準補正では、補正された赤目候補内のグリントが原画像と比べて目立たなくなっている補正画像が生成される可能性があるパッチからなるクラスから選択することができる。

#### 【0010】

パッチが瞳孔が拡大したクラスに割り振られた場合、改良補正では、赤目候補のピクセルについての補正を、前記ピクセルの色、赤目内にあるという割り当てられた確率、および赤目候補の中心からの距離に基づいて決定してもよい。赤目候補の中心から離れているピクセルは、中心に近いピクセルほど補正は受けない傾向がある。

40

#### 【0011】

パッチが瞳孔の縁がぼやけたクラスに割り振られた場合、改良補正では、瞳孔に相当すると認識される領域の縁に隣接するピクセルの明度を変えることによって前記縁の線明度を高めることができる。

#### 【0012】

パッチがグリントが目立たなくなったクラス割り振られた場合、改良補正では、瞳孔に相当する領域のピクセル明度を変えることによってグリントを目立たせることができる。

#### 【0013】

分類に先立ち、デジタル画像またはそれから生成される解像度が変更された画像の複数

50

のピクセルの各々について、前記方法は、ピクセルが赤目内にある確率を、ピクセルの色の関数として、ピクセルに割り当て、一連のピクセルの割り当てられた確率に基づいて赤目候補パッチを識別してもよい。

#### 【0014】

標準補正は、パッチ内の複数のピクセルの各々について、ピクセルが赤目内にあるという割り当てられた確率およびピクセルの色の関数であるピクセルに適用するべき補正を決定してもよい。

#### 【0015】

前記分類器は、前記第1クラス、または、前記第2クラスのうちの少なくとも1種に手作業で割り振られた1組のパッチで訓練してもよい。

10

#### 【0016】

前記分類では、少なくともパッチの各ピクセルに赤目内にあるという確率  $P(x, y)$  が割り当てられている確率マップ、水平方向および垂直方向のピクセル確率  $P(x, y)$  を合計する、前記確率マップから得られるプロジェクションヒストグラム（各ヒストグラムは、一般に、幅1ピクセルの一列のピクセルを表す）、および円形の領域および均質な色成分の分析に基づいたグリントの検出のための確率マップ  $P_g(x, y)$  に基づいて、パッチの特徴を識別してもよい。

#### 【0017】

画像を処理するための装置には、前記方法を実行するための命令を実行する処理装置を含んでいてもよい。

20

#### 【0018】

前記方法を実行するための命令が記録された触知できる、コンピュータで読み取り可能な媒体が提供されてもよい。

#### 【0019】

もう1つの態様において、画像処理装置は、原画像またはそれから得られる解像度が変更された画像からなるデジタル画像の複数のピクセルに対して、ピクセルが赤目内にある確率を割り当て、そして前記割り当てられた確率に基づいて画像のパッチが赤目候補を含んでいるかどうか識別する。分類器は、赤目候補が確認されたデジタル画像のパッチを、第1クラスの画像のうちの1種および少なくとも1種の第2クラスの画像に分類する。前記第1クラスは、赤目候補の標準補正と関連しており、前記少なくとも1種の第2クラスは、赤目候補の改良補正と関連しており、前記改良補正是、デジタル画像が劣化する危険性を低減させる目的で、前記第2クラスの画像のためにデザインされたものである。前記分類器は、任意に、前記分類に信頼度を割り当てる。補正コンポーネントは、前記分類器による分類に基づいて、改良補正または標準補正のいずれかを赤目候補に適用する。

30

#### 【0020】

前記装置は、処理中にデジタル画像を記憶するメモリを備えていてもよい。

#### 【0021】

もう1つの態様において、画像処理法は、デジタル画像の複数のピクセルの各々について、ピクセルが赤目内にある確率を、ピクセルの色の関数として、ピクセルに割り当てるなどを含んでなる。前記方法は、パッチ内のピクセルの割り当てられた確率に基づいて、デジタル画像のパッチが赤目候補を含んでいるかどうか識別することをさらに含んでなる。赤目候補を含んでいると識別されるパッチについて、前記方法は、前記パッチを、赤目候補の標準補正と関連する第1クラスの画像、または、複数の第2クラス（第2クラスは、各々、赤目候補の改良補正と関連する）の画像のうちの少なくとも1種に自動的に分類し、そして前記分類と関連する信頼度を決定する。画像が少なくとも1種の第2クラスに分類され、尚且つ、信頼度が閾値を超える場合、改良補正がパッチに適用される。さもなければ、前記方法は、標準補正をパッチに適用する。

40

#### 【0022】

図1に示されるように、この方法は、Aとして示される赤目検出法の結果を入力として利用する。次に、赤目候補が検出されたデジタル画像を、赤目候補を含む画像のパッチを

50

分類する工程 B に付す。標準補正または改良補正をいずれを適用すべきか特定するためにクラスを選択する。パッチの分類、および任意に前記分類と関連する信頼度の決定に基づいて、パッチに対応する画像領域を、1種以上の改良補正クラス  $C_1$ 、 $C_2$  および / または  $C_3$  に割り振ってもよい。次に、前記パッチを、これらのクラスと関連する 1種以上の改良補正  $P_1$ 、 $P_2$  および / または  $P_3$  に従って処理する。さもなければ、標準補正クラス  $C_0$  を割り当て、標準補正  $P_0$  を適用する。

#### 【0023】

本願明細書において開示される模範的な方法の検出工程 A は、確率的でもよく、確率値  $P(x, y)$  を画像のピクセルに割り当てる。前記確率値はピクセルが赤目内にある可能性を表し、実際には赤目である領域と関連があることが分かっている異なるピクセルの特性、例えば赤み、輝度および空間円形度の組み合わせに基づいてもよい。分類工程のための特徴として使用することができる赤目検出のための確率マップ  $P$  は、このように生成される。

10

#### 【0024】

模範的な装置は、 $P(x, y)$  の値の確率マップを求めるためのソフト検出コンポーネントを備えていてもよい。

#### 【0025】

続く補正工程において、標準補正では、原画像のピクセルの赤チャネル値  $R(x, y)$  を、そのピクセルの確率値  $P(x, y)$  に依存する補正によって修正してもよく、また、元の緑および青チャネル値も考慮に入れてもよい。確率  $P(x, y)$  が低い場合、すなわち、赤目内にある確率が低い場合、ピクセルの元々の赤色は実質的に変わらない。確率  $P(x, y)$  が高い場合、すなわち、赤目である確率が高い場合、赤チャネル値を下げる。補正された赤チャネル値  $R(x, y)$ <sub>補正後</sub> は、下記式に従って求めることができる。

20

$$R(x, y)_{\text{補正後}} = [(1 - P(x, y)) R(x, y)] + [P(x, y)^* F(x, y)] \quad \text{式 1}$$

式中、 $F(x, y)$  は、緑チャネル値  $G(x, y)$  および青チャネル値  $B(x, y)$  を考慮にいれる要素であり、下記式に従って求めることができる。

20

$$F(x, y) = (G(x, y) + B(x, y)) / 2 \quad \text{式 2}$$

30

#### 【0026】

任意の赤目候補領域について、パターン分類法を用いて、どの潜在的な劣化が最も起こりうるかを求める。赤目補正法は、割り振られたクラスに基づく。使用される分類アルゴリズムは、フラッシュ光に曝されたときに眼の表面で知覚可能な 2つの効果、すなわち、白い正反射であるグリントおよび目の中心の赤みに基づいてもよい。

40

#### 【0027】

赤目を補正するための模範的な装置は、画像内の赤目候補を識別するための赤目検出コンポーネントと、前記検出コンポーネントによって識別された赤目候補を含む画像のパッチを複数のクラスから選択されるクラスに分類するように訓練されている分類器と、前記クラスに基づく赤目候補に補正法を適用する補正コンポーネントとを含んでなる。模範的な実施態様のもう 1 つの態様において、画像を補正して赤目効果を低減させるための方法は、赤目候補を含む画像のパッチを前記パッチの特徴に基づいて複数のクラスから選択されるクラスに分類し、前記パッチが分類されたクラスに基づいて前記パッチに補正を施す。前記割り振りの信頼度に応じて、劣化クラスに特有の補正法  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$   $P_k$  または標準補正  $P_0$  を適用してもよい。

#### 【0028】

処理されるべき画像は、デジタル画像装置、例えばデジタルカメラ、スキャナー、デジタルビデオレコーダーなどによって生成してもよい。

#### 【0029】

模範的な検出補正装置 10 の機能ブロック図を図 2 に示す。装置 10 はソフトウェアを

50

備える。前記ソフトウェアは、デジタル画像装置に組み込まれていてもよいし、デジタル画像装置とは別の好適な画像処理装置、例えば、パーソナルデスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、または写真仕上げ装置のような専用画像処理システムに保存されていてもよい。画像はデジタル形式である。画像データは、赤、緑、青（R G B）色空間のような色空間によって表される複数のピクセル値によって定義することもできるし、それらに変換することもできる。

#### 【0030】

装置10は、中央演算処理装置（CPU）のような処理モジュール12と、関連メモリ14とを含んでなる。処理モジュール12は、さまざまな処理コンポーネント、例えば本実施態様では赤目検出コンポーネント16、訓練可能な分類器18および補正コンポーネント20を含んでなる。前記処理モジュールによって処理される画像はメモリ14に保存される。さらに、メモリ14には、以下で説明する模範的な方法を実施するために処理モジュールコンポーネント16、18、20によって実行される命令が保存されていてもよい。

10

#### 【0031】

検出コンポーネント16は、赤目候補を含む入力画像の1つ以上の領域を識別するための命令を実行してもよい。本模範的実施態様において、検出モジュールは、入力画像（またはその解像度を下げたもの）のピクセルに、赤目内にいる確率P(x, y)を割り当ててもよい。

20

#### 【0032】

分類器モジュール18は、その入力として、赤目検出モジュール16の出力を受け取る。分類器モジュール18は、実際の使用に先立ち、前以て識別された赤目候補領域を標準的な補正法P<sub>0</sub>によって補正しておいた一連の訓練用画像からパッチを分類するように訓練される。分類は、例えば、標準的な補正によって満足のいく補正ができる一級クラスC<sub>0</sub>および標準的な補正では十分な補正ができなかった（劣化したと一般に考えられる）1種以上の劣化クラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>のようになされる。3種の劣化クラスとは、例えば、1）補正された領域が瞳孔の縁からはみ出ているパッチのクラス、2）瞳孔の形状がくつきりしていないクラス、および3）補正によって画像内のグリントが取り除かれたかまたはその外観が損なわれてしまったクラスである。分類器16は、赤目候補を含む画像のパッチの特徴に基づいて、パッチを標準クラスC<sub>0</sub>または劣化クラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>のうちの1種以上に分類するための命令を実行する。

30

#### 【0033】

補正コンポーネント20は、分類器18による分類に基づいて赤目候補を補正するための命令を実行する。一般に、前記補正コンポーネントは、少なくとも2種類の補正モード、すなわち、第1の、標準補正モードP<sub>0</sub>および1種以上の改良補正モードP<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>を提供する。改良補正モードP<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>は、それぞれ、画像が割り当てられた対応する劣化クラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>と関係していることが多い劣化問題に対処するように調整されている。

#### 【0034】

メモリ14は、処理コンポーネント16、18、20にアクセスして、各工程の出力および原画像および補正画像を保存することができる。任意に、ユーザー入力装置（図示されていない）と連通しているユーザーインターフェース22によって、ユーザーに補正後の画像を見て、補正を確認または却下させることができる。処理コンポーネント16、18、20、メモリ14およびユーザーインターフェース22は、データ／制御バス24を介して通信し合ってもよい。任意に、前記コンポーネントは、互いに離れて、有線または無線リンクによって通信し合ってもよい。任意に、ネットワークインターフェース26によって、装置10にローカルエリアネットワーク（LAN）または広域ネットワーク（WAN）のようなコンピュータネットワーク28を介して他の装置と通信させることができる。装置10は、インターフェース26を介して画像入力装置32から画像を受け取ったり、および／または、補正画像を出力してもよい。ある1つの実施態様において、装置

40

50

10はワークフロー処理システムの一部を成し、ネットワーク28は、出力画像、または補正された画像を含んでなる文書を、紙のような触知できる印刷媒体に印刷するためのプリンター32を含んでなる。メモリ14は、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み取り専用メモリ(ROM)、磁気ディスクまたはテープ、光ディスク、フラッシュメモリまたは立体画像メモリのようなどんなタイプのコンピュータ可読媒体でもよい。

#### 【0035】

図3～5は、前記3種のクラスに対する標準補正の効果を図式化している。クラスC<sub>1</sub>の場合、原画像のパッチ40を標準補正法P<sub>0</sub>で補正した場合、実際の瞳孔44(円として図示)に対応する赤みがかった領域42が瞳孔44からはみ出しており、補正後の画像の同じパッチ46では、瞳孔領域48が理想としている大きさよりもずっと大きく見える(図3)。

10

#### 【0036】

クラスC<sub>2</sub>の場合、原画像のパッチ40をP<sub>0</sub>で補正した場合、実際の瞳孔44に対応する赤みがかった領域42が、補正後の画像の同じパッチ46内の瞳孔領域48の輪郭をぼやかしている(図4)。C<sub>3</sub>の場合、瞳孔に対応する原画像の領域42がグリント50を含んでいる場合、P<sub>0</sub>で補正されたパッチ46では、グリントが消失してしまっているか、または、グリントの外観が損なわれてしまっている(図5)。

20

#### 【0037】

分類器18を訓練する前に、訓練用の赤目が補正されたパッチ46を、目視観測に基づいてクラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>のうちの1種以上、または、標準クラスC<sub>0</sub>に割り当てる。次に、各クラスのパッチの特徴を識別する。訓練の間、分類器18は、備えている特徴によって特定のクラスに分類されるパッチを識別すること、および任意に、分類に信頼度を付与することを学び、これにより、訓練用データの外部からのパッチをC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>のうちの1種以上に割り振ることができるようになる。

20

#### 【0038】

訓練で使用されるパッチ40、46は、それぞれ、それらの中心として赤目候補42を備えていてもよい。パッチ40、46は、赤目候補領域42よりも大きくてよく、一般に、(赤目候補42が実際に赤目であると仮定して)目を取り囲むのに十分なほど大きいが、画像領域全体よりは小さい。模範的なパッチは、赤目42(瞳孔領域)、虹彩52、目の白い部分(強膜)の少なくとも1部54、および任意に、目の周囲の皮膚56の1部を包含する大きさである。

30

#### 【0039】

前記分類器が不確かな場合、標準補正P<sub>0</sub>が取って代わってもよい。図6を参照しながら、模範的な方法を説明する。

#### 【0040】

この方法はS100において始まる。S102では、選択された標準補正法(例えばP<sub>0</sub>)を用いて赤目が補正された多数の処理画像を含んでなる訓練用の画像を作成する。その中には、目視検査したときに、少なくとも一部の観察者には劣化しているように見える画像が含まれている。また、前記訓練用画像は、劣化しているように見えず、むしろ未補正の原画像よりも向上していると観察者らによって一般に見なされる画像も含んでいてもよい。

40

#### 【0041】

S104において、訓練用画像は、観察者らによって、補正が十分であると考えられる画像のための標準クラスC<sub>0</sub>、または、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、…、C<sub>k</sub>で示される劣化クラスに割り振られる。図示された実施態様では、3種の劣化クラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>およびC<sub>3</sub>が確認される。各劣化クラスは、補正法P<sub>0</sub>を適用することによって生じ得る視認可能な劣化を表す。図示された実施態様において、これらは下記劣化に対応する。

C<sub>1</sub>：補正された赤目が、本来の瞳孔から、例えば虹彩、強膜または瞼へとはみ出してしまい、非現実的な補正になってしまっている画像を含む。これは、瞳孔の外側の虹彩の部分を赤目ピクセルと見なす検出工程が原因で生じることがある。

50

$C_2$ ：補正された赤目の瞳孔の輪郭がぼやけてしまい、非現実的な補正になってしまっている画像を含む。これは、瞳孔と虹彩の境界の検出が正確ではない場合に生じることがある。

$C_3$ ：補正された赤目内のグリントが、原画像におけるグリントよりも薄れている画像を含む。瞳孔領域は一様になり易く、グリントは赤みで「覆われる」。

#### 【0042】

各訓練用画像は、クラス  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\dots$   $C_k$  のうちの 2 つ以上に割り振られてもよい。例えば、グリントが取り除かれ、尚且つ、補正された領域が瞳孔からはっきりとはみ出てしまっている画像は、2 つの劣化クラス  $C_1$  および  $C_3$  に分類してもよい。

#### 【0043】

S106 では、各劣化カテゴリ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\dots$   $C_k$  に対する特別な補正法  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$   $P_k$  を作成する。図示された実施態様では、 $C_1$ 、 $C_2$  および  $C_3$  に対して、3 つの補正法  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  がそれぞれ作成されている。補正法  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$   $P_k$  は、一般的な補正手順を共有することもあるが、それらは、一般に、少なくとも 1 つの観点において互いに異なっている。特定のクラスに標準補正が適用される場合、 $P_k$  は  $C_0$  と等しくなり得る。目的は、標準的な方法  $P_1$  を改良するかまたはそれと等しい補正手順  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_k$  を提供することである。標準の補正手順が各クラス  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\dots$   $C_k$  に適用される方法に対して有益な利点を持つには、補正手順  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$   $P_k$  のうちの少なくとも 1 つが  $P_0$  とは異なる。

#### 【0044】

劣化を補正するために、下記補正法が各劣化クラス  $C_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) と関連していてもよい。

$P_1$ ：パラメータ化モルフォロジー処理を適用する。

$P_2$ ：テンプレートベースの色瞳孔補正を適用する。

$P_3$ ：瞳孔に正反射（すなわち、グリント）を挿入する。

#### 【0045】

S108 では、各クラスに手作業で割り振られた訓練用画像から特徴を抽出する。この工程には、広範囲のおよび局所的な赤目特徴の計算および突出した目のサブパーティの局所化が含まれていてもよい。

#### 【0046】

S110 では、選択されたカテゴリ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\dots$   $C_k$  と関連する目の類型（例えば、目の寸法、瞳孔の形状、虹彩の色情報のような特徴に関連して定義される）に基づいて、補正パラメータが決定および調整される。前記特徴によって、補正法のパラメータ化が可能になる。

#### 【0047】

S112 では、クラスを区別する上で最も信頼できることが分かったそれらの特徴を用いて各クラスに割り振られた訓練用画像で分類器 18 を訓練する。模範的な実施態様において、これにより、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\dots$   $C_k$  のうちの 1 種以上または標準クラス  $C_0$  への赤目領域の暫定的分類が少なくとも可能になる。模範的な分類器 18 は、特定の劣化と関連する特徴を選択させることができるために、発見的分類器である。より一般的な場合では、任意のパターン分類器を訓練することができる。

#### 【0048】

S114 では、分類結果に対する信頼度を評価するための手段が任意に規定される。ある実施態様において、信頼度を用いて、標準補正  $P_0$  または 1 種以上の補正  $P_{1,2,3}$  を赤目候補に適用するかを決定してもよい。赤目候補が正しく分類されたという信頼度が閾値を超えた場合、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  のうちの適切な 1 種以上を適用することができる。前記閾値は、異なる補正法は画像に対する効果に程度の差があるため、適用される補正に応じて変化することがある。あるいは若しくはさらに、補正の量は、信頼度に関係していてもよい。

#### 【0049】

信頼度は、訓練された分類器によってカテゴリ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  に暫定的に割り振られた

10

20

30

40

50

画像を目視検査することによって求めてよい。画像を正しいクラスにあまりうまく分類できない特徴には、信頼度を求める際に低い重要性が与えられるのに対し、特定のクラスと強く関連する特徴には、信頼度を求める際に高い重要性が与えられる。

#### 【0050】

前記方法はS116で終了する。

#### 【0051】

図7は、図6の方法で訓練された分類器を用いて画像を処理する模範的な方法を示す。この方法はS200において始まる。

#### 【0052】

S202では、処理されるべき原画像60が処理装置12に受け取られる。前記画像はメモリ14に保存されてもよい。10

#### 【0053】

S204では、画像の解像度を変えて処理し易くしてもよい。例えば、解像度を下げた画像を生成してもよい。

#### 【0054】

前記画像に赤目検出を施す(図1の工程Aに相当)。この工程は、赤目を識別する際に考慮される要素に応じて、様々な副工程、例えば、ピクセルが赤目内にある確率P(x,y)を各ピクセルに割り当てる、画像(または解像度を下げた画像)のための確率マップを作成する工程(S206)および赤目候補を含むパッチを識別する工程(S208)を含んでいてもよい。20  
P(x,y)は、1種以上のピクセル特性、例えば色、輝度および/またはピクセルが存在する領域の円形度に基づいていてもよい。割り当てられた確率値に基づいて、ピクセルが連続している領域を赤目候補として識別してもよい。前記確率P(x,y)は、最小値から最大値にわたる値からなる尺度で表すことができる(例えば、赤目内にある確率は、1~255または0~1の間の任意の値をとることができる)。赤目候補を含んでいるとは考えられない周囲領域よりも、赤目候補領域内のピクセルの方に高い確率が割り当てられる。S208は、少なくとも赤みおよび任意に輝度の閾値を有する画像のピクセルの連続した領域を調べて、前記領域が赤目を構成するのに十分なほど円形であるかを判定してもよい。赤みは、ピクセルの赤チャネルコンポーネントのみの関数である、かまたは、赤(R)、緑(G)および青(B)成分の相対量を考慮に入れてもよい。30  
さらなる処理を行って、赤目にはなり得ない大きさ(画像に関して小さ過ぎるまたは大き過ぎる)または形状(例えば、円形度が不十分である)の領域を検討の対象から除外することができる。除外された領域について、確率は、ゼロまたは任意の比較的低い確率値に設定することができる。残りの領域が赤目候補と考えられる。画像内の残りの領域(赤目候補領域)内のピクセルは、赤目内にあるという確率を少なくともある程度保有し、他の赤目候補領域と、赤目内にあるという確率P(x,y)が低いまたはゼロである領域を介して離れている。

#### 【0055】

赤目候補42を含んでいると識別されたパッチ40は、長方形または他の好適な形状でもよく、それらが含んでいる赤目候補よりも大きくてもよい。例えば、それらが含んでいる赤目候補をそれらの幾何学的中心として、赤目候補の約3倍(またはそれ以上)の水平および垂直方向の大きさを有する。一般に、個々のパッチは、全体の画像領域よりも小さい。40

#### 【0056】

分類工程Bでは、赤目候補を含んでいるとS208で識別されたパッチを、分類器18で分類してもよい。模範的な実施態様では、これにより、パッチが、標準クラスC<sub>0</sub>または劣化クラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、...、C<sub>k</sub>のうちの1種以上に割り振られる。

#### 【0057】

S210では、パッチ40から特徴を抽出する。抽出された特徴に基づいて、前記領域を、適当なクラスC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、...、C<sub>k</sub>またはC<sub>0</sub>に少なくとも暫定的に割り振る。S212では、識別された特徴に基づいて、パッチをクラスに割り振る。S214(またはS2

50

12) では、割り振られたクラスの各々についての信頼度  $L_1, L_2, \dots, L_k$  を求めてよい。

【0058】

S216 では、目の異なるサブパーティ、すなわち、瞳孔、虹彩およびグリントを、S210 で抽出した特徴に基づいて特定してもよい。

【0059】

S218 では、それぞれのクラス  $C_1, C_2, \dots, C_k$  についての信頼度  $L_1, L_2, \dots, L_k$  が、そのクラスに指定された閾値  $T_1, T_2, \dots, T_k$  よりも高い場合に、割り振られた劣化クラスのための補正法を原画像に適用してもよい。さもなければ、標準補正  $C_0$  を適用してもよい。

10

【0060】

標準補正  $P_0$  は、上記式 1、あるいは、ピクセルに割り当てられた確率およびピクセルの 1 種以上の色チャネルの値に基づいた他の好適な補正を用いて適用することができる。

【0061】

補正  $P_1$  は  $P_0$  に基づいてよいが、例えば、 $P$  に瞳孔の外側から中心に向かって徐々に値が増加する（例えば、0 から 1）因数を掛けることによって、瞳孔の境界付近のピクセルが中心付近のピクセルほど補正は受けないように修正してもよい。補正  $P_2$  は  $P_0$  に基づいてよいが、ただし、瞳孔の境界における領域においては、テンプレート補正を適用して瞳孔の鮮明度を上げる。補正  $P_3$  は、角膜の適当な領域へのグリントの挿入を除いて、 $P_0$  に基づいてよい。

20

【0062】

任意に S220 では、ユーザーは補正された画像を確認してもよいが、通常、この工程は不要である。

【0063】

S222 では、画像を出力して印刷したり、さらなるデジタル画像処理に掛けたり、文書形式に合わせてもよい。この方法は S224 で終了する。

【0064】

図 7 に示す方法は、コンピュータで実行することができるコンピュータプログラム製品で実施することができる。前記コンピュータプログラム製品は、例えばディスク、ハードドライブのような制御プログラムが記録された触知できるコンピュータで読み取り可能な記録媒体でもよいし、制御プログラムがデータ信号として具現化される送信可能な搬送波でもよいし、コンピュータが読み取り可能かつ利用可能な他の媒体でもよい。

30

【0065】

S210 では、目の劣化を検出して、各赤目領域について全体的および局所的特徴で表してもよい。全体的特徴が全領域を特徴付けるのに対し、局所的特徴は、領域内の特定の領域、例えば瞳孔および虹彩に対応する領域に関連する。

【0066】

全体的特徴は、下記 a、b、c のうちの 1 種以上を含んでよい。

- a . 赤目検出工程によって出力されるピクセル関連の確率マップ  $P(x, y)$ 。
- b . 瞳孔の形状および円形度の情報を示すプロジェクションヒストグラム。これらのヒストグラムは、水平方向および垂直方向のピクセル確率  $P(x, y)$  を合計し、各ヒストグラムは、一般に、幅 1 ピクセルの一列のピクセルを表す。これらのヒストグラムに基づいて、領域に含まれる赤目について、水平および垂直スプレッド指数  $s_x$  および  $s_y$  (ピクセル単位) の尺度、アスペクト比  $s = \text{ノルム} (s_x / s_y)$  (ノルム  $(s_x / s_y)$  は、0 ~ 1 の間を変動する正規化数である)、および円形度尺度  $c = (4 \cdot \pi \cdot A) / L_p^2$  ( $A$  は、領域のピクセルで表した範囲であり、 $L_p$  は、ピクセルで表した領域の周囲である) が得られる。

40

- c . 円形の領域および均質な色成分の共同分析に基づいたグリントの検出のためのピクセル関連の確率マップ  $P_g(x, y)$ 。

例えば、マップのピクセルには、下記式に従って  $P_g$  値を割り当ててもよい。

50

## 【数1】

$$P_g(x, y) = \left\| \bar{q}(x, y) - \frac{1}{|R_{x,y}|} \sum_{(i,j) \in R_{x,y}} \bar{r}(i, j) \right\|$$

式3

10

式中、

## 【数2】

$$\bar{q}(x, y) = [c^{\text{xy}}_G, c^{\text{xy}}_B]$$

および

## 【数3】

$$\bar{r}(i, j) = [c^{ij}_G, c^{ij}_B]$$

20

であり、 $c^{ij}_G$ 、 $c^{ij}_B$ は、 $i$ 番目の画像行および $j$ 番目の画像列におけるGおよびBチャネルの値であり、 $R_{x,y}$ は、ピクセル $x$ 、 $y$ を中心とした円形領域であり、 $|R_{x,y}|$ は、その領域内のピクセルの数であり、 $R_{x,y}$ の半径は、円形度尺度に関して求められる。この式は、各ピクセルに、そのピクセルがグリントとして扱われるべき領域の一部を形成するかどうかを示す確率値 $P_g(x, y)$ を割り当てる。とりわけ、それは、G-B空間の値が実質的に均一である実質的に円形の領域を好む。これは、グリント領域が一般に円形であり、円形の瞳孔領域内に含まれているというグリントの実例に一般に当てはまる。

## 【0067】

30

特徴抽出工程で抽出された局所的特徴は、領域内の特定の赤目ピクセル領域に関連する。領域拡張アルゴリズムをまず確率マップ $P(x, y)$ に適用して、同じような性質を持つ（例えば、確率マップにおいて近接しており、値がほぼ同じ）ピクセルを同質領域に集めてよい。これらの同質領域の各々について、下記局所的特徴の1種以上を抽出してもよい。

- a . 領域によって占められた面積 A
- b . 領域の質量中心  $x_c$ 、 $y_c$ （すなわち、領域重心）
- c . 領域としての同じ正規化された第2中心積率を有する橙円の短軸および長軸の長さ  $d_x$ 、 $d_y$ （すなわち、考慮される領域に最適な外接橙円）
- d . 領域としての同じ正規化された第2中心積率を有する橙円の x 軸と長軸の間の角度

## 【0068】

40

一旦全体的および局所的特徴が抽出されれば、目の異なるサブパーティ、すなわち、瞳孔、虹彩およびグリントを特定することができる。例えば、局所的特徴抽出工程において評価される領域の中で、パッチの中心までのユークリッド距離を最小限にする領域が、赤目を示す候補として選択される。考えられるグリント領域は、位置についての経験則（すなわち、グリントは角膜領域内でローカライズされなければならない）および寸法についての経験則（すなわち、グリントの大きさは、瞳孔の寸法を測ることによって評価される）を以って、 $P_g(x, y)$ でローカライズされる。

補正法のパラメータ化

## 【0069】

50

模範的な実施態様において、劣化  $C_{1,2,3}$  を補正するには、一般に 3 種の補正法  $P_{1,2,3}$  で十分である。これらの方法は以下の通りである。

【0070】

$P_1$  : パラメータ化モルフォロジー演算：これらは、瞳孔の外に位置するために赤目候補の一部であると誤検出されたノイズピクセルを排除させることができる。さらに、それらは、瞳孔の形状を正規化することによってアーチファクトの導入を回避させることができる。これを達成するために、二値確率画像  $P(x, y)$  のモルフォロジークロージングを用いることができる。

【0071】

$P_2$  : テンプレートベースの色瞳孔補正：瞳孔の縁の補正を滑らかにするためおよび JPEG アーチファクトを回避するために、テンプレートベースの色補正を、赤目パッチに適用してもよい。補正是規則的分布に従って適用してもよく、瞳孔領域の中心ではピーク補正が生じ、瞳孔の縁に向かって減少補正が適用される。例えば、瞳孔として識別される領域の特性に適合したガウスモデルを計算し、平滑化補正を適用する。これにより、瞳孔の中心から離れているピクセルは、中心に近いピクセルほど、平均して、補正を受けなくなる。

【0072】

$P_3$  : 瞳孔正反射補正

瞳孔全体にわたって輝度が均一過ぎる場合に見られる「生気の無い」目効果を避けるために、グリントを挿入してもよい。2つのモデルを利用することができる。

a. ガウスモデル：角膜の輝度  $I$  を、色情報補正に使用したものと同様であるが共分散を変えたガウス関数を用いてモデル化した。

【数4】

$$I(\bar{x}; \bar{\mu}, \bar{\sigma}_g) = \frac{1}{\bar{\sigma}_g \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{((\bar{x} - \bar{\mu}) \cdot \bar{r})^2}{2\bar{\sigma}_g^2}\right)$$

式4

30

式中、

【数5】

$$\bar{\sigma}_g = \left( \frac{\sigma_x}{l}, \frac{\sigma_y}{l} \right)$$

、  $\bar{x}_x = d_x$  および  $\bar{x}_y = d_y$ 、瞳孔領域橙円の軸、 $l$  は、瞳孔の大きさとグリントの大きさの典型的な関係に基づいて推定した倍率であり、

40

【数6】

$$\bar{r}$$

は、角度（ $x$  軸に対する目の方向）から求められる回転行列、および

【数7】

$$\bar{\mu}$$

50

は、グリントを中心とする位置（すなわち、一般には瞳孔の中心）である。グリントを挿入する場合、原画像の輝度を式4に従って変えてよい。

b. Bu i Tu o n g Ph o n g モデル：このモデルは、見る者の位置を考慮に入れ、それに応じてグリントの反射を調整する。見る者がグリントとして視認する鏡面的{きょうめんてき}に反射{はんしゃ}された光の量は、入射光と表面法線{ほうせん}ベクトルの間の角度

## 【数8】

 $\theta$ 

10

および見る者と反射光の間の角度によって決まる。輝度IについてのPhongのモデルは以下の通りである。

## 【数9】

$$I = W(\theta) I_p \cos^n(\phi)$$

式5

20

式中、

## 【数10】

$$W(\theta)$$

は、鏡面的{きょうめんてき}に反射{はんしゃ}される表面に当たるフラクションであり、 $I_p$ は、グリントを生じさせるフラッシュ光のような光源の強度であり、nは、Phong鏡面反射指数である。

30

## 【数11】

$$W(\theta)$$

は、 $k_s$ で示される定数に設定されることが多く、実験的に導き出すことができる。

分類器

## 【0073】

模範的な分類器18は、事実上、経験則{けいけんそく}によるものである。パッチをC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>およびC<sub>3</sub>として分類するために、特に下記分類規則が適用される。

C<sub>1</sub>：アスペクト比sを利用する。鉛直プロファイルに対して水平プロファイルが大き過ぎる場合(s > t<sub>h<sub>s</sub></sub>)、t<sub>h<sub>s</sub></sub>は0~1.4の範囲である)、区分けの問題が在り、赤目の外のピクセルが赤目ピクセルとして誤検出されていると考えることができる。パッチ領域はC<sub>1</sub>として分類される。

C<sub>2</sub>：この分類は、円形度尺度cを利用する。赤目が十分に円形でない場合、瞳孔と虹彩の境が不正確である。例えば、cが0.6~1の範囲外であると、赤目は十分に円形ではないと考えられる可能性があり、パッチはC<sub>2</sub>として分類される。

C<sub>3</sub>：確率分散マップP<sub>g</sub>(x, y)をまとめることによって得られるグリント確率gを利用する。g < t<sub>h<sub>g</sub></sub>である場合、グリントが消失していると考えられ、パッチはC<sub>3</sub>として分類される。具体的には、グリント確率マップは、以下のように調べることができる。

1) ノイズ除去のための一定値t<sub>h<sub>g</sub></sub>(約0.6である)を用いて確率マップに閾値を設

40

50

定し、バイナリマスク（ピクセル値が 1 または 0 であるマスク）を得る。

2) バイナリマスクの非ゼロピクセルの数  $G_{NZ}$  を求める。

3)  $G_{NZ}$  が 0 ではない場合、グリントは存在し、パッチに補正は必要なく、さもなければ、例えばガウスモデルあるいは Bui Tuong Phong モデルを用いて、人為的にグリントを挿入することができると考えられる。

#### 【0074】

一旦 1 種以上の劣化クラス  $C_i$  が検出されれば、対応する補正  $P_i$  を適用することができる。

#### 信頼度

標準補正法  $P_0$  および最終的なパラメータ化補正  $P_{1,2,3}$  のいずれかを選択するためには  
10  
、信頼度を評価してもよい。

#### 【0075】

信頼度は、人の観察を反映するため、すなわち、パッチが間違って分類された場合の被害の危険性に対して補正の重要性を釣り合わせるために選択されてもよい。 $C_1$  の場合、これは比較的容易である。その理由は、補正の利点が大きい一方で劣化の危険性は比較的低く、そのため、信頼度も低くなり、結果として、比較的低い信頼度の正しい補正が得られる場合でも適用される補正法  $P_0$  となる。一般に、 $C_2$  の補正の場合、危険性が利点をわずかに上回るため、必要とされる信頼度は、少なくとも  $C_1$  の場合と同じぐらい高く、一般には  $C_1$  よりも高く、 $C_3$  の場合、一般には  $C_2$  よりも高い。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0076】

【図 1】デジタル画像における赤目現象を補正するための方法を示す流れ図である。

【図 2】赤目を検出および補正するための装置の機能ブロック図である。

【図 3】赤目が瞳孔からはみ出している、標準的な赤目補正法で補正した後の画像のパッチを示す図である。

【図 4】赤目が瞳孔の縁辺りでぼやけている、標準的な赤目補正法で補正した後の画像のパッチを示す図である。

【図 5】標準的な赤目補正法による補正の過程において赤目からグリントが消失した画像のパッチを示す図である。

【図 6】図 2 の装置を構築する方法を示す流れ図である。

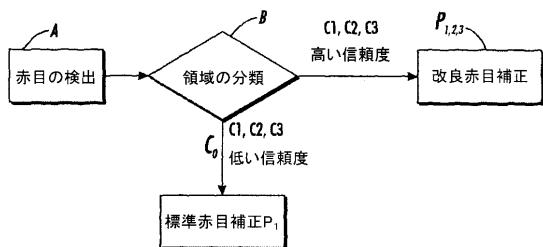
【図 7】赤目を検出および補正する方法を示す流れ図である。

10

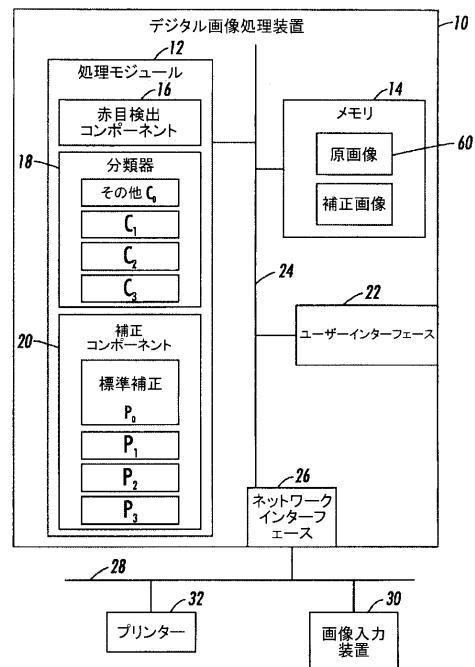
20

30

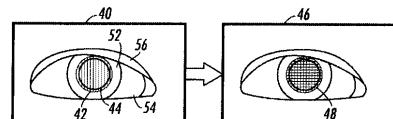
【図1】



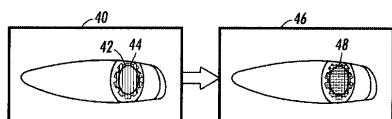
【図2】



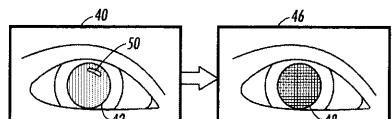
【図3】



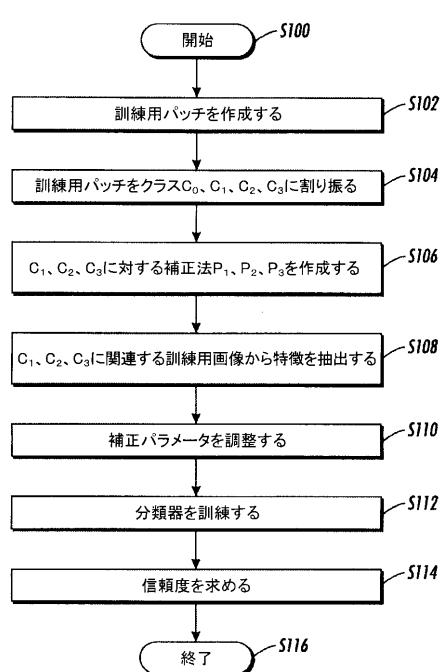
【図4】



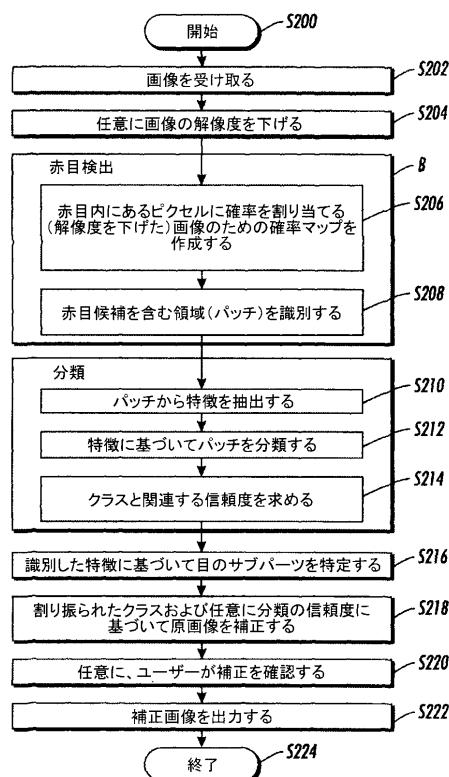
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ルカ マルケソッティ

フランス 38000 グルノーブル リュー レスディギエール 20

(72)発明者 ユッタ ヴィラモウスキ-

フランス 38100 グルノーブル クール ド ラ リベラティオン 63

(72)発明者 マルコ ブルサン

フランス 38100 グルノーブル アベニュー ジュール ヴァル 8

F ターム(参考) 5B057 BA02 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01 CB08 CB12 CB16 CD05

CE11 CE18 DA08 DB02 DB06 DB09 DC16 DC22 DC25 DC36