

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6443982号
(P6443982)

(45) 発行日 平成30年12月26日 (2018.12.26)

(24) 登録日 平成30年12月7日 (2018.12.7)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4N	5/232	(2006.01)	HO4N	5/232	
HO4N	1/387	(2006.01)	HO4N	5/232	290
G06T	1/00	(2006.01)	HO4N	1/387	
			G06T	1/00	500B

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-37159 (P2015-37159)	(73) 特許権者	504258527
(22) 出願日	平成27年2月26日 (2015.2.26)		国立大学法人 鹿児島大学
(65) 公開番号	特開2016-163064 (P2016-163064A)		鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
(43) 公開日	平成28年9月5日 (2016.9.5)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成30年1月17日 (2018.1.17)		弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100162259
			弁理士 末富 孝典
		(74) 代理人	100133592
			弁理士 山口 浩一
		(74) 代理人	100168114
			弁理士 山中 生太
		(72) 発明者	小野 智司
			鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
			国立大学法人 鹿児島大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、電子透かしの抽出方法、電子透かし及び開閉パターンの最適化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受光面上に結像する2次元画像を撮像し、前記2次元画像の画像データを取得する撮像素子と、

電子透かしが埋め込まれた2次元画像を前記撮像素子の受光面に結像させる結像光学系と、

露光時間中、前記結像光学系から前記撮像素子へ到達する光が通過する開口の開閉を、符号化されている開閉パターンで繰り返す符号化露光を行う露光部と、

前記撮像素子で取得された画像データに対して前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを含む画像処理を実行して、前記電子透かしの抽出する画像処理部と、

を備える撮像装置。

【請求項2】

前記電子透かしは、
情報端末の画像に表示されている動画像である、
請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】

前記2次元画像は、
情報端末の画像に表示されている2次元コードである、
請求項1に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記画像処理部は、
 前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを実行して、前記 2 次元画像の画像データを復元し、
 復元された前記 2 次元画像の画像データに対して周波数変換処理を実行することにより、前記電子透かしを抽出する、
 請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

液晶駆動部を備え、
 前記露光部は、
 前記液晶駆動部によって駆動されることにより、開口を形成する透過型の液晶開口である、
 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の撮像装置。

10

【請求項 6】

前記露光部は、
 開口が開いている間、前記結像光学系を介して前記撮像素子に入射する光が通過する符号化開口を有する開口絞りとして動作する、
 請求項 5 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記結像光学系を介して前記撮像素子に入射する光が通過する符号化開口を有する開口絞りを備え、
 前記露光部は、
 前記撮像素子への光の入射を遮断するシャッタである、
 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の撮像装置。

20

【請求項 8】

結像光学系から撮像素子へ到達する光が通過する開口の開閉を、符号化されている開閉パターンで繰り返す符号化露光を行いながら、前記結像光学系を介して電子透かしが埋め込まれた 2 次元画像の画像データを撮像素子で撮像して、前記画像データを取得する撮像工程と、
 前記撮像素子で取得された画像データに対して前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを含む画像処理を実行して、前記電子透かしを抽出する画像処理工程と、
 を含む電子透かしの抽出方法。

30

【請求項 9】

結像光学系から撮像素子へ到達する光が通過する開口の開閉を、符号化されている開閉パターンで繰り返す符号化露光を行いながら、前記結像光学系を介して電子透かしが埋め込まれた 2 次元画像の画像データを撮像素子で撮像して、前記画像データを取得する撮像工程と、
 前記撮像素子で取得された画像データに対して前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを含む画像処理を実行して、前記電子透かしを抽出する画像処理工程と、
 前記画像処理工程で抽出された前記電子透かしの抽出率を算出する算出工程と、
 を含み、
 前記電子透かしのパターン及び前記開閉パターンを変更しながら、前記撮像工程と、前記画像処理工程と、前記算出工程とを繰り返し行い、最適化手法を用いて、前記抽出率が最大となる前記電子透かし及び前記開閉パターンを決定する
 電子透かし及び開閉パターンの最適化方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

この発明は、撮像装置、電子透かしの抽出方法、電子透かし及び開閉パターンの最適化方法に関する。

【背景技術】

【0002】

航空機又は列車の搭乗券、イベントなどの入場券、電子マネー、クーポンなど、2次元コードが認証の役割を担うことが期待されている。紙に印刷された2次元コードに電子透かしの埋め込むことで、不正に複製された2次元コードを識別可能な技術が開示されている(例えば、特許文献1、2参照)。

【0003】

一方で、携帯電話の画面に表示された2次元コードの複製もより正確に検知する技術の実現が望まれている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4713691号公報

【特許文献2】特許第4742175号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、2次元コードに埋め込まれた電子透かしの抽出の際、手ぶれなどにより撮像される画像データがぼけると、高周波成分である電子透かしの正確に抽出できなくなるおそれがある。また、動画の電子透かしのぼけることなく撮像して、電子透かしの抽出するのは容易なことではない。

20

【0006】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、手ぶれしたり、電子透かしが動画データであったりしても、電子透かしの正確に抽出することができる撮像装置、電子透かしの抽出方法、電子透かし及び開閉パターンの最適化方法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】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る撮像装置は、
受光面上に結像する2次元画像を撮像し、前記2次元画像の画像データを取得する撮像素子と、

30

電子透かしが埋め込まれた2次元画像を前記撮像素子の受光面に結像させる結像光学系と、

露光時間中、前記結像光学系から前記撮像素子へ到達する光が通過する開口の開閉を、符号化されている開閉パターンで繰り返す符号化露光を行う露光部と、

前記撮像素子で取得された画像データに対して前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを含む画像処理を実行して、前記電子透かしの抽出する画像処理部と、

を備える。

40

【0008】

前記電子透かしは、
情報端末の画像に表示されている動画である、
こととしてもよい。

【0009】

前記2次元画像は、
情報端末の画像に表示されている2次元コードである、
こととしてもよい。

【0010】

前記画像処理部は、

50

前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを実行して、前記2次元画像の画像データを復元し、

復元された前記2次元画像の画像データに対して周波数変換処理を実行することにより、前記電子透かしを抽出する、

こととしてもよい。

【0011】

液晶駆動部を備え、

前記露光部は、

前記液晶駆動部によって駆動されることにより、開口を形成する透過型の液晶開口である、

10

こととしてもよい。

【0012】

前記露光部は、

開口が開いている間、前記結像光学系を介して前記撮像素子に入射する光が通過する符号化開口を有する開口絞りとして動作する、

こととしてもよい。

【0013】

前記結像光学系を介して前記撮像素子に入射する光が通過する符号化開口を有する開口絞りを備え、

前記露光部は、

前記撮像素子への光の入射を遮断するシャッタである、

こととしてもよい。

20

【0014】

本発明の第2の観点に係る電子透かしの抽出方法は、

結像光学系から撮像素子へ到達する光が通過する開口の開閉を、符号化されている開閉パターンで繰り返す符号化露光を行いながら、前記結像光学系を介して電子透かしが埋め込まれた2次元画像の画像データを撮像素子で撮像して、前記画像データを取得する撮像工程と、

前記撮像素子で取得された画像データに対して前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを含む画像処理を実行して、前記電子透かしを抽出する画像処理工程と、

を含む。

30

【0015】

本発明の第3の観点に係る電子透かし及び開閉パターンの最適化方法は、

結像光学系から撮像素子へ到達する光が通過する開口の開閉を、符号化されている開閉パターンで繰り返す符号化露光を行いながら、前記結像光学系を介して電子透かしが埋め込まれた2次元画像の画像データを撮像素子で撮像して、前記画像データを取得する撮像工程と、

前記撮像素子で取得された画像データに対して前記開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションを含む画像処理を実行して、前記電子透かしを抽出する画像処理工程と、

前記画像処理工程で抽出された前記電子透かしの抽出率を算出する算出工程と、

を含み、

前記電子透かしのパターン及び前記開閉パターンを変更しながら、前記撮像工程と、前記画像処理工程と、前記算出工程とを繰り返し行い、最適化手法を用いて、前記抽出率が最大となる前記電子透かし及び前記開閉パターンを決定する。

40

【発明の効果】

【0016】

この発明によれば、露光時間中、結像光学系から撮像素子へ到達する光が通過する開口を、時間変化が符号化されている開閉パターンで開閉する符号化露光を行うことにより、

50

電子透かしが埋め込まれた２次元画像の画像データが得られる。符号化露光によって得られる画像データは、開閉パターンに対応する関数と２次元画像とがコンボリューションした画像となる。この画像データは、開閉パターンに対応する関数を用いてデコンボリューションされる。手ぶれにより２次元コードの画像データの像がぼけたり、電子透かしが動画像データであったりしても、その画像データを開閉パターンに対応する関数でデコンボリューションすれば、電子透かしの高周波成分を失うことなく、２次元画像の画像データを得ることができる。この結果、手ぶれしたり、電子透かしが動画像データであったりしても、電子透かしを正確に抽出することができる。また、所定のパターンで符号化露光を行える装置でなければ復号が不可能な動画像の電子透かしを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 1 7 】

【図 1】この発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の光学系の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 (A) は、情報端末の画面に表示される２次元画像であるカバー画像の一例である。図 2 (B) は、２次元コードに埋め込まれる電子透かしの一例である。図 2 (C) は、電子透かしが埋め込まれた透かし入り２次元画像の一例である。

【図 3】開閉パターンの一例を示す図である。

【図 4】図 1 の画像処理部のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 5】図 1 の画像処理部のソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図 6】図 1 の撮像装置の動作を示すフローチャートである。

20

【図 7】図 7 (A) は、撮像された２次元コードの画像データ（その 1）の一例である。図 7 (B) は、図 7 (A) の画像データから抽出された電子透かしの画像データ（その 1）である。

【図 8】撮像装置の構成の他の例を示すブロック図である。

【図 9】符号化開口の一例を示す図である。

【図 10】図 10 (A) は、撮像された２次元コードの画像データ（その 1）の一例である。図 10 (B) は、図 10 (A) の画像データから抽出された電子透かしの画像データ（その 1）である。

【図 11】図 11 (A) は、撮像された２次元コードの画像データ（その 2）の一例である。図 11 (B) は、図 11 (A) の画像データから抽出された電子透かしの画像データ（その 2）である。

30

【図 12】図 12 (A) は、符号化開口の他の例である。図 12 (B) は、背景画像の他の例である。図 12 (C) は、２次元画像に埋め込まれる電子透かしの一例である。

【図 13】この発明の実施の形態 2 に係る電子透かし及び開閉パターンの設計システムの構成を示す模式図である。

【図 14】図 13 の設計システムの構成を示すブロック図である。

【図 15】図 13 の設計システムの動作の一部を示すフローチャートである。

【図 16】図 15 のステップ S 1 2 の具体的な処理を示すフローチャートである。

【図 17】図 17 (A) は、符号化露光で撮像されデコンボリューションされた画像の一部（飛行機のcockpitの部分）である。図 17 (B) は、通常の露光で撮像されデコンボリューションされた画像の一部（飛行機のcockpitの部分）である。

40

【図 18】図 18 (A) は、符号化露光で撮像されデコンボリューションされた画像の一部（電子透かしが埋め込まれた部分）である。図 18 (B) は、通常の露光で撮像されデコンボリューションされた画像の一部（電子透かしが埋め込まれた部分）である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

実施の形態 1 .

まず、この発明の実施の形態 1 について説明する。

50

【 0 0 2 0 】

撮像装置 1 0 0 は、レンズ 1 A、開口絞り 2 と、レンズ 1 B と、駆動部 3、撮像素子 4 及び画像処理部 5 を備える。情報端末 2 0 0 は、画面 1 0 を有する。撮像装置 1 0 0 は、情報端末 2 0 0 の画面 1 0 に表示された 2 次元画像を撮像対象とする。撮像装置 1 0 0 は、例えば、デジタルカメラ、携帯電話、スマートフォン、タブレットコンピュータ、モバイルコンピュータ等である。情報端末 2 0 0 は、携帯電話、スマートフォン、タブレットコンピュータ、モバイルコンピュータ、バーコードリーダ（設置型、ハンドヘルド型）等である。

【 0 0 2 1 】

情報端末 2 0 0 の画面 1 0 に表示される 2 次元画像は、例えば図 2 (A) に示すような 2 次元コード（QR (Quick Response) コード（登録商標））1 1 を原画像（カバー画像）とする。QR コード（登録商標）は、マトリックス型の 2 次元コードである。2 次元コード（QR コード（登録商標））1 1 は縦横に情報を持つ。3 隅の四角い切り出しシンボル（位置検出パターン、ファインダパターン）が特徴的である。加えて、小さい四角のアラインメントパターンが固定となっており、それ以外の部分に符号が記録される。

10

【 0 0 2 2 】

この 2 次元コード 1 1 には、図 2 (B) に示す電子透かし 1 2 が埋め込まれている。電子透かし 1 2 は、パターンが時間変化する動画像である。電子透かし技術は、画像や音楽等のデジタルコンテンツに情報を埋め込む情報ハイディング（データハイディング）技術の一種である。図 2 (A) に示す 2 次元コード 1 1 に図 2 (B) に示す電子透かし 1 2 が埋め込まれることによって、図 2 (C) に示す全体の 2 次元画像 1 3 が形成される。電子透かし 1 2 が動画像であるので、形成される 2 次元画像 1 3 も動画像となる。

20

【 0 0 2 3 】

電子透かし 1 2 の埋め込みは以下のようにして行われる。例えば、図 2 (A) に示す 2 次元コード 1 1 は、例えば RGB の各色成分に分離される。各色成分の画像データに対して、それぞれ離散ウェーブレット変換が行われ、各画像データは、LL 成分（低周波成分）、LH 成分（垂直方向が低周波成分、水平方向が高周波成分）、HL 成分（垂直方向が低周波成分、水平方向が高周波成分）及び HH 成分（対角方向に高周波成分）といった周波数成分に分解される。そして、ウェーブレット係数の値（係数値）が LH 成分に比べて小さい LH 成分、HL 成分、HH 成分の少なくとも 1 つに透かし情報を埋め込んで、各成分を逆離散ウェーブレット変換して画像を再構築することにより、図 2 (C) に示す 2 次元画像 1 3 が生成される。

30

【 0 0 2 4 】

このように、図 2 (A) の 2 次元コード 1 1 を周波数変換し、高い空間周波成分に図 2 (B) に示す電子透かし 1 2 の成分を埋め込んだ後、逆変換を行って画像を再構築し、図 2 (C) に示す電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像 1 3 が生成される。周波数変換には、上述の離散ウェーブレット変換のほか、離散コサイン変換又はフーリエ変換などの様々な変換方法を適用することが可能である。

【 0 0 2 5 】

図 1 に戻り、レンズ 1 A、1 B は凸レンズである。レンズ 1 A、1 B で結像光学系 1 が構成される。結像光学系 1 は、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像 1 3 を、撮像素子 4 の受光面に結像させる。結像光学系 1 の構成は、図 1 に示すものには限られない。3 枚以上のレンズを光軸 AX に沿って配置することにより構成される結像光学系であってもよい。

40

【 0 0 2 6 】

開口絞り 2 は、結像光学系 1（レンズ 1 A、1 B）の瞳位置に配置されている。開口絞り 2 には、円形の開口が形成されている。開口絞り 2 は、例えば、OHP シートや金属板で作成することができるが、透過型の液晶開口を用いることができる。この実施の形態では、駆動部 3 が、液晶開口中の所望の画素の透光率を制御する（光を通さない部分の透光率を下げ、光を通す部分の透光率を上げる）ことにより、液晶開口上に所望の形状の開口

50

を形成することができるようになっている。

【 0 0 2 7 】

開口絞り 2 は、露光時間中、結像光学系 1 から撮像素子 4 へ到達する光が通過する開口を、時間変化が符号化されている開閉パターンで開閉する符号化露光を行う。すなわち、この実施の形態では、開口絞り 2 が露光部として動作する。図 3 には、この開口絞り 2 における露光時間中の開閉の時間変化が示されている。図 3 に示すように、露光時間中の開口絞り 2 の開閉状態の時間変化は、符号化された開閉パターンとなっている。

【 0 0 2 8 】

撮像素子 4 は、受光面上に結像する 2 次元の画像データを撮像する。撮像素子 4 は例えば、CCD (Charge Coupled Device) である。撮像素子 4 は、複数の画素が受光面上に敷き詰められている。各画素には、撮影中の露光時間に入射した光に対応する電荷が蓄積され、各画素に蓄積された電荷によって 2 次元のデジタル画像データが生成される。

10

【 0 0 2 9 】

画面 1 0 に表示された 2 次元画像 1 3 の像は、結像光学系 1 (レンズ 1 A、1 B) によって撮像素子 4 の受光面上に結像する。その際、撮像素子 4 に入射する光は、開口絞り 2 の円形開口を通過する。

【 0 0 3 0 】

画像処理部 5 は、撮像素子 4 で取得された画像データに対する画像処理を行う。画像処理部 5 はコンピュータである。図 1 の画像処理部 5 のハードウェア構成を示す図 4 に示すように、画像処理部 5 は、制御部 2 1、主記憶部 2 2、外部記憶部 2 3 及び入出力部 2 5 を備える。主記憶部 2 2、外部記憶部 2 3 及び入出力部 2 5 はいずれも内部バス 2 8 を介して制御部 2 1 に接続されている。

20

【 0 0 3 1 】

制御部 2 1 は、CPU (Central Processing Unit) 等から構成されている。この CPU が、外部記憶部 2 3 に記憶され主記憶部 2 2 に格納されるプログラム 2 9 を実行することにより、図 1 に示す画像処理部 5 の各構成要素が実現される。

【 0 0 3 2 】

主記憶部 2 2 は、RAM (Random-Access Memory) 等から構成されている。主記憶部 2 2 には、外部記憶部 2 3 に記憶されているプログラム 2 9 がロードされる。その他、主記憶部 2 2 は、制御部 2 1 の作業領域 (データの一時記憶領域) として用いられる。

30

【 0 0 3 3 】

外部記憶部 2 3 は、フラッシュメモリ、ハードディスク、DVD - RAM (Digital Versatile Disc Random-Access Memory)、DVD - RW (Digital Versatile Disc Rewritable) 等の不揮発性メモリから構成される。外部記憶部 2 3 には、制御部 2 1 に実行させるためのプログラム 2 9 があらかじめ記憶されている。また、外部記憶部 2 3 は、制御部 2 1 の指示に従って、このプログラム 2 9 の実行の際に用いられるデータを制御部 2 1 に供給し、制御部 2 1 から供給されたデータを記憶する。

【 0 0 3 4 】

入出力部 2 5 は、撮像素子 4 から画像データを入力する。一方で、入出力部 2 5 は、演算結果を出力する。

40

【 0 0 3 5 】

図 1 に示す画像処理部 5 の各種構成要素は、図 4 に示すプログラム 2 9 が、制御部 2 1、主記憶部 2 2、外部記憶部 2 3 及び入出力部 2 5 などをハードウェア資源として用いて実行されることによってその機能を発揮する。

【 0 0 3 6 】

図 1 の画像処理部 5 のソフトウェア構成を示す図 5 に示すように、画像処理部 5 は、デコンポリューション部 3 0 と、抽出部 3 1 とを備える。

【 0 0 3 7 】

デコンポリューション部 3 0 は、撮像素子 4 で取得された画像データに対して開閉パターンに対応する関数を用いたデコンポリューション (逆畳込み演算) を実行して、2 次元

50

画像の画像データを得る。

【0038】

抽出部31は、デコンボリューション部30で得られた2次元画像の画像データから電子透かしを抽出する。具体的には、画像データに対してRGBの各色成分に分離された後、R、G、Bの色別に離散ウェーブレット変換が施され、電子透かしが埋め込まれたHH成分等が抽出され、そのHH成分等に対して逆変換が施されることにより電子透かしが抽出される。

【0039】

次に、この実施の形態に係る撮像装置100の動作について説明する。

【0040】

図6に示すように、撮像装置100は、開口絞り2を符号化された開閉パターンで開閉しつつレンズを介して電子透かし12が埋め込まれた2次元画像13の画像データを撮像素子4で撮像する(ステップS1)。例えば、電子透かしが、電子透かし12でなく、物体が右から左へ移動するような動画像であった場合には、図7(A)に示すように、画像データは、左右にぶれた画像となる。

【0041】

続いて、デコンボリューション部30は、撮像素子4で撮像された画像データに対して開閉パターンに対応する関数を用いてデコンボリューションを実行して、2次元画像13の画像データを得る(ステップS2)。この場合、図7(B)に示すように、デコンボリューション後の画像データは、左右のぶれが著しく低減している。

【0042】

続いて、抽出部31は、デコンボリューション部30で得られた2次元画像13の画像データから電子透かし12を抽出する(ステップS3)。具体的には、画像データを周波数変換し、電子透かし12が埋め込まれている高周波数成分を抽出して、逆変換することにより電子透かし12を抽出する。

【0043】

このように、電子透かし12を正確に抽出するのに、撮像(露光時間)中に開口絞り2を符号化された開閉パターンで開閉すれば、電子透かし12が埋め込まれた2次元画像の高い空間周波数成分が損なわれないようにすることができるので、得られた画像データに対して開閉パターンに対応する関数でデコンボリューションを行えば、電子透かし12を正確に抽出することができる。

【0044】

以上詳細に説明したように、この実施の形態によれば、露光時間中、結像光学系1から撮像素子4へ到達する光が通過する開口絞り2を、時間変化が符号化されている開閉パターンで開閉する符号化露光を行うことにより、電子透かし12が埋め込まれた2次元画像13の画像データが得られる。符号化露光によって得られる画像データは、開閉パターンに対応する関数と2次元画像とがコンボリューションした画像となる。この画像データは、開閉パターンに対応する関数を用いてデコンボリューションされる。手ぶれにより2次元画像13の画像データの像がぼけたり、電子透かし12が動画像データであったりしても、その画像データを開閉パターンに対応する関数でデコンボリューションすれば、電子透かし12の高い空間周波成分を失うことなく、2次元画像の画像データを得ることができる。この結果、手ぶれしたり、電子透かし12が動画像データであったりしても、電子透かし12を正確に抽出することができる。また、所定のパターンで符号化露光を行える装置でなければ復号が不可能な動画像の電子透かし12を実現することができる。

【0045】

情報端末200に表示された2次元画像を他の情報端末で撮像し、表示させることによって2次元画像を複製した場合、得られた画像データに対してデコンボリューションを行わずにその画像データを画面に表示しても、その画像は、高い空間周波数成分が失われたままの画像となっているので、電子透かし12を正確に抽出するのが困難になる。すなわち、この実施の形態によれば、符号化された開閉パターンによるコンボリューション及び

10

20

30

40

50

デコンボリューションを取り入れることによって、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像の複製を検知することができるようにもなっている。

【 0 0 4 6 】

なお、露光時間中に開閉パターンにしたがって開閉するのは開口絞り 2 には限られない。図 8 に示すように、シャッタ 1 5 を、露光時間中、開閉パターンに従って駆動部 3 で開閉するようにしてもよい。

【 0 0 4 7 】

実施の形態 2 .

次に、この発明の実施の形態 2 について説明する。上記実施の形態では、時間軸方向に変化する符号化された開閉パターンを用いて、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像 1 3 の撮像を行ったが、この実施の形態では、符号化露光に加え、開口絞り 2 に符号化開口を形成し、符号化開口を用いて撮像を行う。

【 0 0 4 8 】

この実施の形態では、開口絞り 2 には、図 9 に示すような、符号化開口 2 0 が形成されている。図 9 に示すように、この開口絞り 2 の符号化開口 2 0 では、正方形の開口部分がモザイク状に配置されている。ここで、符号化開口 2 0 とは、符号化された開口パターンを含んでいる。符号化された開口パターンは、複数の方向に、広い周波数帯域の空間周波数成分を含んでいる。

【 0 0 4 9 】

ここで、開口絞り 2 の符号化開口 2 0 の空間上の位置（光線が通過する位置）を（ X 、 Y ； X 、 Y は光軸 $A X$ に直交）と置く。仮に、開口絞り 2 の開口の形状が円形だった場合には、撮像素子 4 の各画素に入射する光は、入射した光の開口内の位置情報（ X 、 Y ）に関する情報が失われた光となる。これに対して、開口絞り 2 の開口パターンが符号化された符号化開口であれば、撮像素子 4 の各画素に入射する光には、その光が通過した開口内の位置情報（ X 、 Y ）に関する情報が残ることになる。

【 0 0 5 0 】

開口絞り 2 は、透過型の液晶開口を用いることができる。この実施の形態では、駆動部 3 が、液晶開口中の所望の画素の透光率を制御することにより、液晶開口上に所望の形状の符号化開口 2 0 を形成することができるようになっている。

【 0 0 5 1 】

符号化開口 2 0 を用いれば、例えば、図 1 0（A）に示すような 2 次元画像の画像データに対して、図 1 0（B）に示すような電子透かし 1 2 が抽出される。抽出された電子透かし 1 2 は、本来の電子透かし 1 2 に極めて近いパターンとなっている。

【 0 0 5 2 】

開口絞り 2 として符号化開口 2 0 を用いることにより、図 1 1（A）に示すように、2 次元コードが傾斜した状態であっても、図 1 1（B）に示すように電子透かし 1 2 をほぼ正確に抽出することができる。

【 0 0 5 3 】

また、符号化開口 2 0 の開口パターン、カバー画像等は、上述のものには限られない。例えば、図 1 2（A）に示すようにパターンを採用することができる。また、カバー画像として図 1 2（B）に示すような画像を採用することもできる。このような符号化開口 2 0 の開口パターン及び画像を採用しても、図 1 2（C）に示すような電子透かし 1 2 を埋め込んで、抽出することができる。

【 0 0 5 4 】

この実施の形態では、撮像素子 4 で取得された画像データは、開口絞り 2 の開閉パターンで時間方向にコンボリューションされ、開口絞り 2 の符号化開口 2 0 により、空間方向にコンボリューションした画像データとなる。そこで、デコンボリューション部 3 0 は、開閉パターンに対応する関数を用いたデコンボリューションと、符号化開口 2 0 に対応するばけ関数を用いたデコンボリューションを両方行う必要がある。この場合、どちらを先におこなってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

符号化開口 2 0 を介して得られる画像データは、符号化開口 2 0 に対応するぼけ関数と 2 次元画像の像とがコンボリューションした画像となる。この画像データは、符号化開口 2 0 に対応するぼけ関数を用いてデコンボリューションされる。焦点ずれにより 2 次元画像の画像データの像がぼけたとしても、その画像データを焦点ずれに応じたぼけ関数でデコンボリューションすれば、電子透かし 1 2 の高周波成分を失うことなく、2 次元画像の画像データを得ることができる。この結果、焦点ずれしても、電子透かし 1 2 を正確に抽出することができる。

【 0 0 5 6 】

実施の形態 3 .

次に、この発明の実施の形態 3 について説明する。上記実施の形態では、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像の撮像に、開口絞り 2 の開閉パターン及び符号化開口 2 0 が用いられた。この実施の形態においても、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像の撮像に、開口絞り 2 の開閉パターン及び符号化開口 2 0 を用いる。そして、電子透かし 1 2 の抽出率が最適になるような電子透かし 1 2 のパターン及び符号化開口 2 0 の設計方法について説明する。

【 0 0 5 7 】

図 1 3 には、電子透かし 1 2 及び開閉パターンの設計システム 5 0 0 が示されている。図 1 3 に示すように、設計システム 5 0 0 は、撮像装置 1 0 0 及び情報端末 2 0 0 の他、コンピュータ 3 0 0 を備えている。コンピュータ 3 0 0 は、CPU 及びメモリその他のハードウェアを備えており、CPU がメモリに格納されたプログラムを実行することにより、その機能を実現する。

【 0 0 5 8 】

撮像装置 1 0 0 及び情報端末 2 0 0 の構成及び動作は、上記実施の形態 1 と同じである。コンピュータ 3 0 0 は、無線通信又は有線通信により、撮像装置 1 0 0 及び情報端末 2 0 0 とデータ送受信が可能である。情報端末 2 0 0 は、電動ステージ 2 0 1 の上に搭載されており、情報端末 2 0 0 に手ぶれを模した移動を生じさせることが可能となっている。

【 0 0 5 9 】

図 1 4 に示すように、コンピュータ 3 0 0 は、抽出率算出部 3 2 と、最適化部 3 3 と、開閉パターン生成部 3 4 と、画像生成部 3 5 とを備える。

【 0 0 6 0 】

抽出率算出部 3 2 は、撮像装置 1 0 0 の画像処理部 5 から、抽出された電子透かし 1 2 の画像データを入力する。抽出率算出部 3 2 は、入力された電子透かし 1 2 の画像データと、電子透かし 1 2 の参照画像データとのマッチングを行い、一致する画素の数の全画素数に対する比率を電子透かし 1 2 の抽出率として算出する。

【 0 0 6 1 】

最適化部 3 3 は、抽出率算出部 3 2 で算出される抽出率に基づいて、開口絞り 2 の開閉パターン及び電子透かし 1 2 のパターンの最適化を、最適化手法を用いて行う。この実施の形態では、最適化手法として遺伝的アルゴリズムが採用される。

【 0 0 6 2 】

最適化部 3 3 は、開口絞り 2 の開閉パターン及び情報端末 2 0 0 の画面 1 0 における電子透かし 1 2 のパターンを変更しながら、情報端末 2 0 0 の画面 1 0 への電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像の表示と、撮像装置 1 0 0 における開口絞り 2 を用いた撮像とを行わせる。最適化部 3 3 は、電子透かし 1 2 のパターン及び開口絞り 2 の開閉パターンを変更しながら、最適化手法を用いて、抽出率が最大となる電子透かし 1 2 のパターン及び開口絞り 2 の開閉パターンを探索する。

【 0 0 6 3 】

開閉パターン生成部 3 4 は、最適化部 3 3 からの指示に従って、開口絞り 2 の開閉パターンを生成する。開閉パターン生成部 3 4 は、生成した開口絞り 2 の開閉パターンを駆動部 3 に出力する。駆動部 3 は入力した開閉パターンに基づいて、開口絞り 2 の液晶開口を

10

20

30

40

50

駆動し、その開閉パターンにしたがって、露光時間中、開口絞り 2 を開閉する。

【 0 0 6 4 】

画像生成部 3 5 は、最適化部 3 3 からの指示に従って、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像データを生成する。画像生成部 3 5 は、情報端末 2 0 0 に、生成した画像データを送信する。情報端末 2 0 0 は、受信した 2 次元画像を画面 1 0 に表示する。

【 0 0 6 5 】

図 1 5 には、最適化部 3 3 を中心にして行われる最適化工程の処理の流れが示されている。図 1 5 に示すように、まず、最適化部 3 3 は、親世代の候補を複数選択する（ステップ S 1 1）。この候補は、電子透かし 1 2 のパターンと、開口絞り 2 の開閉パターンとの組み合わせの候補である。

10

【 0 0 6 6 】

続いて、最適化部 3 3 は、選択された電子透かし 1 2 のパターンと開口絞り 2 の開閉パターンとの組み合わせを、開閉パターン生成部 3 4 と画像生成部 3 5 に指示し、撮像装置 1 0 0 及び情報端末 2 0 0 に上記組み合わせのそれぞれで撮像及び電子透かし 1 2 の抽出を実行させる（ステップ S 1 2）。ここでは、選択された電子透かし 1 2 のパターンと開口絞り 2 の開閉パターンとの組み合わせそれぞれでの電子透かし 1 2 の抽出率が、抽出率算出部 3 2 により算出され、最適化部 3 3 に出力される。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 1 2 では、具体的には、図 1 6 に示すように、まず、最適化部 3 3 は、開閉パターン生成部 3 4 を介して開口絞り 2 の開閉パターンを駆動部 3 に設定し、画像生成部 3 5 を介して、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像を情報端末 2 0 0 に設定し、その 2 次元画像を情報端末 2 0 0 の画面 1 0 に表示させる（ステップ S 1）。

20

【 0 0 6 8 】

続いて、開閉パターンに従って開口絞り 2 を開閉して、結像光学系 1 を介して、電子透かし 1 2 が埋め込まれた 2 次元画像の画像データを撮像素子 4 で撮像する（ステップ S 2）。

【 0 0 6 9 】

続いて、撮像装置 1 0 0（画像処理部 5 のデコンボリューション部 3 0）は、撮像素子 4 で撮像された画像データに対して開口絞り 2 の開閉パターンに対応する関数を用いてデコンボリューションを実行して、2 次元画像の画像データを得る（ステップ S 3）。前述のとおり、電子透かし 1 2 の動画像の動きに関わらず、クリアな画像データが取得される。

30

【 0 0 7 0 】

続いて、画像処理部 5（抽出部 3 1）は、デコンボリューション部 3 0 で得られた 2 次元画像の画像データから電子透かし 1 2 を抽出する（ステップ S 4）。前述のとおり、ここで、周波数変換、高い周波数帯域の抽出、逆変換により、電子透かし 1 2 の画像データが得られる。

【 0 0 7 1 】

続いて、コンピュータ 3 0 0（抽出率算出部 3 2）は、抽出された電子透かし 1 2 の抽出率を算出する（ステップ S 5）。前述のとおり、得られた電子透かし 1 2 の画像データと参照用の電子透かし 1 2 の画像データとの一致度に基づいて、電子透かし 1 2 の抽出率が算出される。

40

【 0 0 7 2 】

続いて、最適化部 3 3 は、全ての移動パターン（手ぶれを模した情報端末 2 0 0 の微小な移動）での抽出が完了しているか否かを判定する（ステップ S 6）。まだ完了していなければ（ステップ S 6；No）、最適化部 3 3 は、電動ステージ 2 0 1 を駆動して、撮像装置 1 0 0 と、情報端末 2 0 0 に手ぶれなどを模した動きを生じさせる（ステップ S 7）。その後、最適化部 3 3 は、再び撮像（ステップ S 2）、デコンボリューション（ステップ S 3）、電子透かし 1 2 の抽出（ステップ S 4）、抽出率算出（ステップ S 5）、抽出完了判定（ステップ S 6）が繰り返される。

50

【 0 0 7 3 】

全ての移動パターンでの電子透かし12の抽出が完了したと判定されると(ステップS6; Yes)、最適化部33は、開口絞り2の開閉パターンと電子透かし12のパターンの全ての組み合わせで、電子透かし12の抽出が完了したか否かが判定される(ステップS8)。完了していなければ(ステップS8; No)、最適化部33は、次の候補である電子透かし12のパターン及び開口絞り2の開閉パターンを設定する(ステップS1)。以降、ステップS2~S8が繰り返され、次の候補での処理が行われる。全てのパターンの組み合わせが完了すると(ステップS8; Yes)、最適化部33は、ステップS12の処理を終了する。

【 0 0 7 4 】

最適化部33は、このようにして、電子透かし12のパターン及び開口絞り2の開閉パターンを変更し、情報端末200の移動パターンを変更ながら、撮像(ステップS2)と、デコンボリューション(ステップS3)と、電子透かし12の検出(ステップS4)と、抽出率の算出(ステップS5)とを繰り返し行う。

【 0 0 7 5 】

図15に戻り、続いて、最適化部33は、遺伝的アルゴリズム(GA)により子世代の候補を複数生成する(ステップS13)。GAでは、候補を個体として、交叉(組み替え)、突然変異を行って子世代の候補を生成する処理である。なお、子世代の個体には、親世代で最良であった個体をそのまま残すようにする。

【 0 0 7 6 】

続いて、最適化部33は、電子透かし12の抽出率の値が一定範囲内に収束したか否かを判定する(ステップS14)。いわゆる探索の終了判定である。終了判定の判定条件には、世代数が所定数となることであってもよいし、抽出率が閾値を上回ることであってもよい。

【 0 0 7 7 】

抽出率の値が収束していないと判定された場合(ステップS14; No)、最適化部33は、ステップS12に戻り、子世代における電子透かし12の抽出の実行(ステップS12)、子世代の候補の生成(ステップS13)、抽出率の収束判定(ステップS14)を繰り返し行う。

【 0 0 7 8 】

抽出率が収束したと判定された場合(ステップS14; Yes)、最適化部33は、最も抽出率が高い候補を最終的なパターンとして決定する(ステップS15)。続いて、最適化部33は、決定された候補を出力し(ステップS16)、処理を終了する。

【 0 0 7 9 】

なお、最適化手法は、遺伝的アルゴリズムには限られない。山登り法、焼き鈍し法、粒子群最適化、差分進化法などを用いるようにしてもよい。また、電子透かし12及び開口絞り2の開閉パターンに加えて、符号化開口20の開口パターンを最適化するようにしてもよい。また、目的関数が複数である多目的最適化アルゴリズムを用いるようにしてもよい。例えば、第一目的関数を透かしの抽出率とし、第二目的関数を、透かしを抽出可能な手ぶれの範囲として、多目的最適化アルゴリズムを実行することで、透かしの抽出の容易さと頑健さの双方を考慮した最適化も可能となる。

【 0 0 8 0 】

電子透かし12はより高周波のパターンとして2次元画像に埋め込まれているため、ナンバープレート又はバーコードのぼけを除去する符号化開口と比較して、符号化開口20のパターンは、より高い空間周波数成分を含むものとするのが望ましい。

【 0 0 8 1 】

図17(A)には、符号化露光により撮像されデコンボリューションされた画像の一部(飛行機のコクピットの部分)が示され、図17(B)には、通常の露光により撮像されデコンボリューションされた画像の一部(飛行機のコクピットの部分)が示されている。図17(A)と図17(B)とを比較するとわかるように、符号化露光で得られた画像は

10

20

30

40

50

よく復元できているのに対し、通常の露光で得られた画像は、縦方向の縞が表れている。これは、通常露光では、シャッタが開いた間のすべての光の積分値により各画素が構成されるので、撮像対象が横方向に動いていると、HL成分が失われるためである。

【0082】

図18(A)には、符号化露光により撮像されデコンボリューションされた画像の一部(電子透かし12が埋め込まれた部分)が示され、図18(B)には、通常の露光により撮像されデコンボリューションされた画像の一部(電子透かし12が埋め込まれた部分)が示されている。図18(A)と図18(B)とを比較するとわかるように、符号化露光で得られた画像は、HL成分(垂直方向の高周波数成分)、LH成分(水平方向の高周波数成分)、HH成分(対角方向の高周波数成分)ともによく復元できているのに対し、通常の露光で得られた画像は、撮像対象が横方向に動いているため、HL成分が失われている。

10

【0083】

上記実施の形態では、情報端末200の画面10に表示された2次元画像13から電子透かし12を抽出する場合について説明したが、本発明はこれには限られない。紙媒体に印刷された2次元画像から電子透かし12を抽出する場合にも本発明を適用することができる。

【0084】

なお、上記の実施の形態において、実行されるプログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)、DVD(Digital Versatile Disc)、MO(Magneto-Optical Disc)等のコンピュータが読み取り可能な記録媒体に格納して配布し、そのプログラムを、コンピュータ等にインストールすることにより、図6、図15、図16に示す処理を実行するコンピュータ300を構成することとしてもよい。

20

【0085】

また、上述のプログラムをインターネット等の通信ネットワーク上の所定のサーバ装置が有するディスク装置等に格納しておき、例えば、搬送波に重畳させて、ダウンロード等するようにしてもよい。

【0086】

また、上述の図6、図15、図16に示す処理を、各OS(Operating System)が分担して実現する場合、または、OSとアプリケーションとの協働により実現する場合等には、OS以外の部分のみを媒体に格納して配布してもよく、また、ダウンロード等してもよい。

30

【0087】

この発明は、この発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、この発明の範囲を限定するものではない。すなわち、この発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

【産業上の利用可能性】

40

【0088】

この発明は、2次元コードに埋め込まれる電子透かしを抽出するシステムに適用することができる。特に動画の電子透かしを抽出するシステムに適用することができる。

【符号の説明】

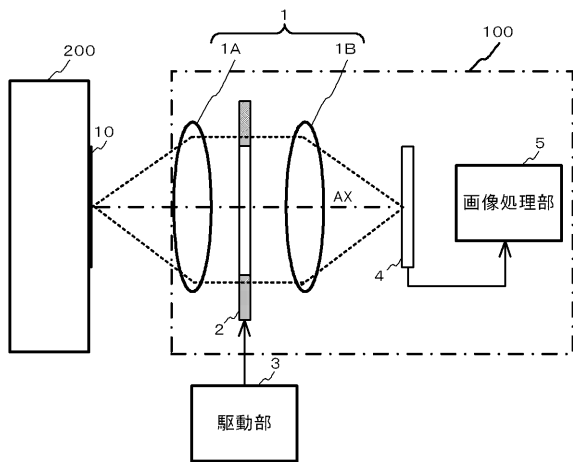
【0089】

1 結像光学系、1A、1B レンズ、2 開口絞り、3 駆動部、4 撮像素子、5 画像処理部、10 画面、11 2次元コード、12 電子透かし、13 2次元画像、15 シャッタ、20 符号化開口、21 制御部、22 主記憶部、23 外部記憶部、25 入出力部、28 内部バス、29 プログラム、30 デコンボリューション部、31 抽出部、32 抽出率算出部、33 最適化部、34 開閉パターン生成部、3

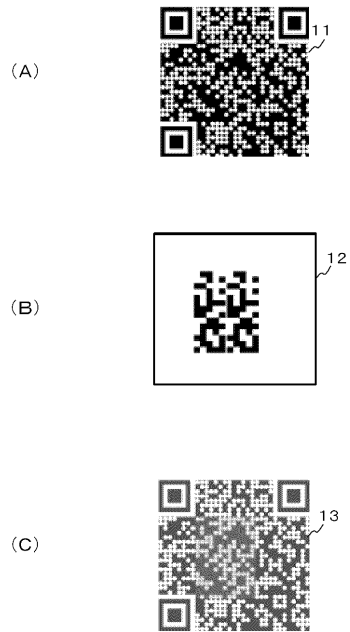
50

5 画像生成部、100 撮像装置、200 情報端末、201 電動ステージ、300 コンピュータ、500 設計システム

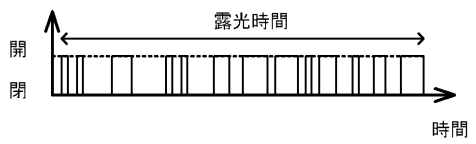
【図1】



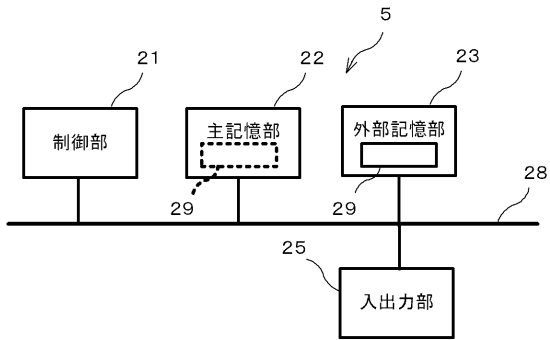
【図2】



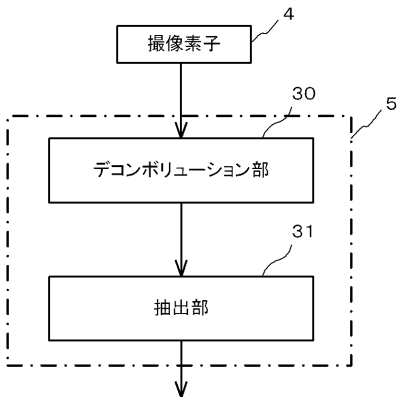
【図3】



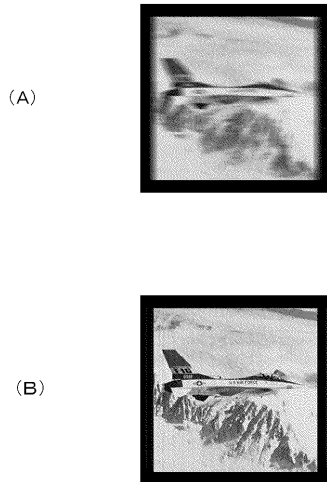
【図4】



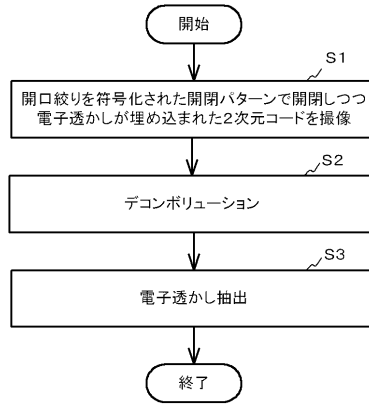
【図5】



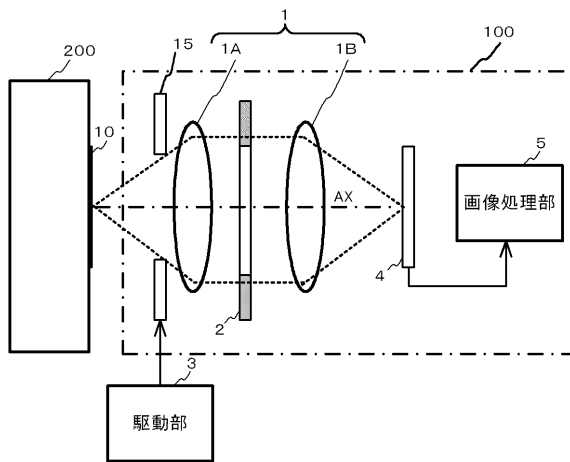
【図7】



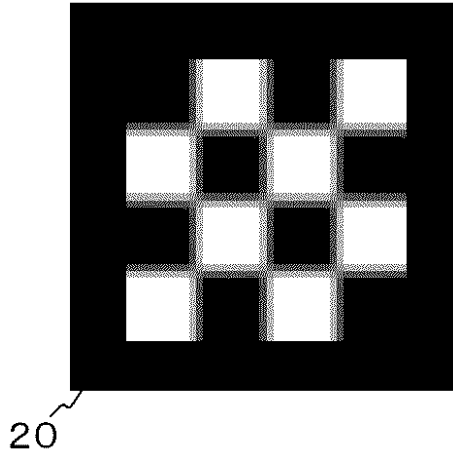
【図6】



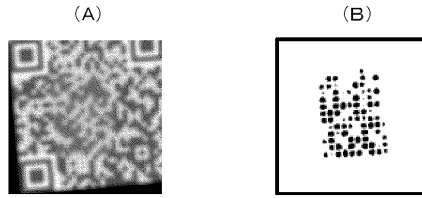
【図8】



【図9】



【図11】



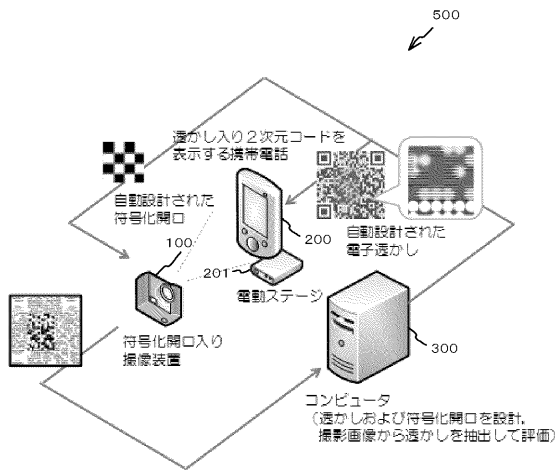
【図10】



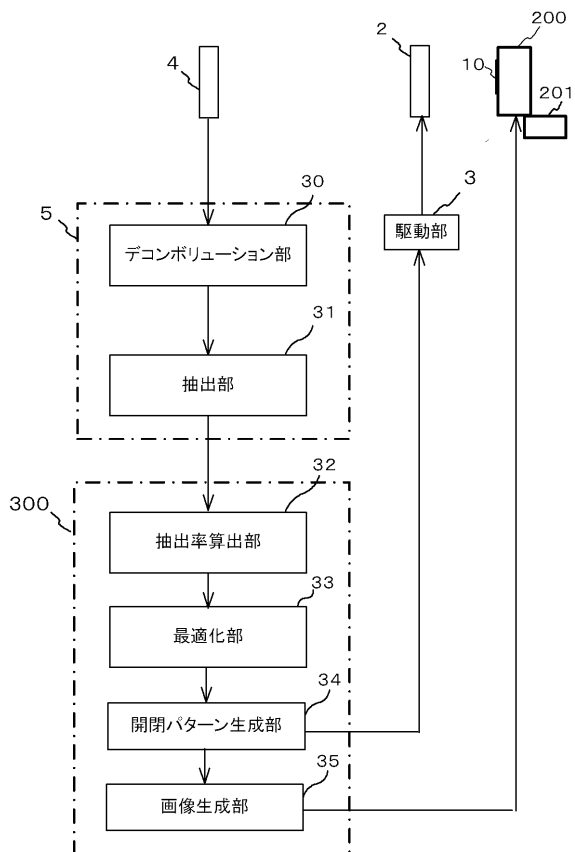
【図12】



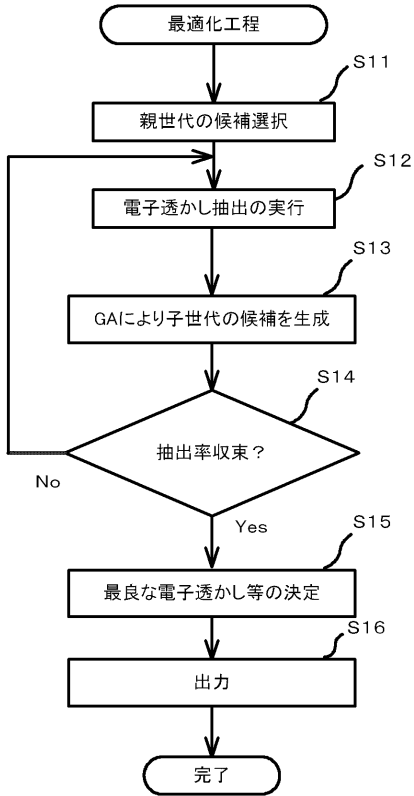
【図13】



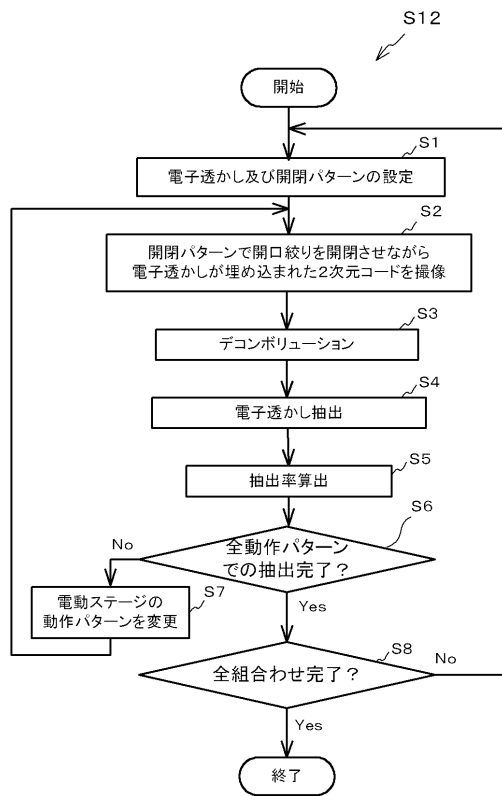
【図14】



【図15】

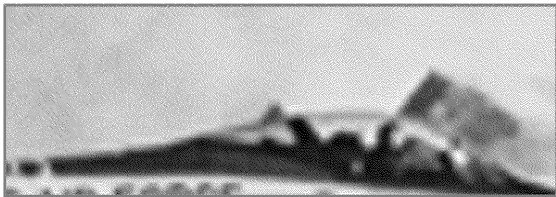


【図16】

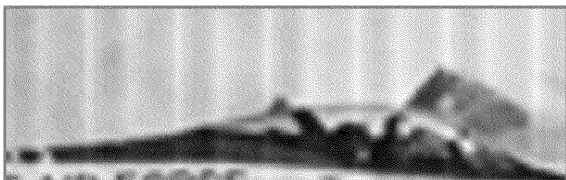


【図17】

(A)

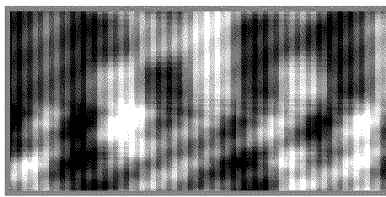


(B)

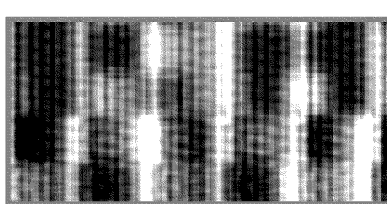


【図18】

(A)



(B)



フロントページの続き

- (72)発明者 川崎 洋
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内
- (72)発明者 前原 武
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内
- (72)発明者 堀田 祐樹
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内

審査官 大西 宏

- (56)参考文献 国際公開第2007/015452(WO, A1)
特開2006-050043(JP, A)
特表2009-532928(JP, A)
特開2011-119802(JP, A)
特開2011-109619(JP, A)
特開2012-142741(JP, A)
国際公開第2012/026039(WO, A1)
特開2011-015431(JP, A)
特開2013-093754(JP, A)
特開2013-205781(JP, A)
特開2006-109070(JP, A)
特開2010-273032(JP, A)
特開2002-016791(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222 - 5/257
G06T 1/00
G06T 11/60 - 13/80
G06T 17/05
G06T 19/00 - 19/20
H04N 1/38 - 1/393