

(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2010-93632

(P2010-93632A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
HO4N	1/387	(2006.01)	HO4N 1/387	5B057
G06T	1/00	(2006.01)	G06T 1/00 500B	5C076

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-262844 (P2008-262844)
 (22) 出願日 平成20年10月9日 (2008.10.9)

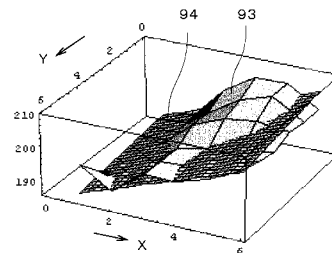
(71) 出願人 000207551
 大日本スクリーン製造株式会社
 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1
 (74) 代理人 100110847
 弁理士 松阪 正弘
 (72) 発明者 藤本 博己
 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内
 Fターム(参考) 5B057 AA11 CA08 CA12 CA16 CB08
 CB12 CB16 CB19 CE08 CE09
 5C076 AA14 BA06

(54) 【発明の名称】 情報埋込画像生成装置、情報読取装置、情報埋込画像生成方法、情報読取方法、情報埋込画像生成プログラムおよび情報読取プログラム

(57) 【要約】

【課題】 2値情報を元画像に埋め込んで印刷等による情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成する。

【解決手段】 情報埋込画像生成装置では、元画像に設定された単位領域が2値情報の要素値「0」に対応付けられる場合に、単位領域の画素値を高さとし、単位面93が近似平面である平滑化面94になるように単位領域の画素値を変換され、単位領域が要素値「1」に対応付けられる場合に、単位面93が平滑化面94になるように単位領域の画素値を変換した後に正負が繰り返し入れ替わるオフセット値が加えられて情報埋込画像が生成される。情報読取装置では、情報埋込画像の各単位領域にて、読取単位面と読取平滑化面との相異を示すパワーと閾値とが比較されて各単位領域が示す値が決定される。当該パワーは、情報埋込画像の印刷時等に画像の濃度が変化した場合であってもほとんど変化しないため、情報埋込画像では印刷等による情報劣化が抑制可能とされる。



【選択図】 図7

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置であって、

それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する単位領域設定部と、

前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記 2 値情報を埋め込む単位領域変換部と、を備え、

前記単位領域変換部が、

単位領域が要素値の第 1 の値に対応付けられている場合に、前記単位領域の画素値を高さのみなした単位面が、前記単位面を平滑化した平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、

単位領域が要素値の第 2 の値に対応付けられている場合に、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記平滑化面の平滑性を低下させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加えることを特徴とする情報埋込画像生成装置。

10

【請求項 2】

2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置であって、

それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する単位領域設定部と、

前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記 2 値情報を埋め込む単位領域変換部と、を備え、

前記単位領域変換部が、

単位領域の画素値を高さのみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、

前記単位領域が要素値の第 1 の値に対応付けられている場合に、前記パワーが第 1 閾値以上であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記パワーが前記第 1 閾値未満であれば、前記単位領域の画素値を維持する、または、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、

前記単位領域が要素値の第 2 の値に対応付けられている場合に、前記パワーが前記第 1 閾値以上の第 2 閾値以上であれば、前記単位領域の画素値を維持し、前記パワーが前記第 2 閾値未満であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記パワーを増大させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記単位面を平滑化することなく前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加えることを特徴とする情報埋込画像生成装置。

20

30

【請求項 3】

請求項 2 に記載の情報埋込画像生成装置であって、

前記第 2 閾値が前記第 1 閾値よりも大きいことを特徴とする情報埋込画像生成装置。

40

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、

前記平滑化面が前記単位面の近似平面であり、

前記オフセット値の前記単位領域における値の分布を高さのみなした面が平面ではないことを特徴とする情報埋込画像生成装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の情報埋込画像生成装置であって、

前記オフセット値が、前記単位領域における少なくとも 1 つの方向において、前記オフセット値の平均値よりも大きな値と前記平均値よりも小さな値とが繰り返し入れ替わるよ

50

うに分布することを特徴とする情報埋込画像生成装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、

前記平滑化面が前記単位面の近似曲面であり、

前記オフセット値が、前記単位領域における少なくとも 1 つの方向において、前記オフセット値よりも大きな値と前記平均値よりも小さな値とが、前記少なくとも 1 つの方向における前記近似曲面の極大値および極小値の合計個数よりも多い回数だけ入れ替わるように分布することを特徴とする情報埋込画像生成装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、

前記オフセット値の平均値がほぼ 0 であることを特徴とする情報埋込画像生成装置。

10

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、

前記オフセット値が、前記単位領域の各画素における絶対値が前記単位領域のエッジから中心に向かうに従って大きくなるように分布することを特徴とする情報埋込画像生成装置。

【請求項 9】

2 値である要素値の配列である 2 値情報が埋め込まれた情報埋込画像から前記 2 値情報を読み取る情報読取装置であって、

前記情報埋込画像から、それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を抽出する単位領域抽出部と、

20

前記複数の単位領域の各単位領域において、画素値を高さとし、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記パワーが所定の閾値未満である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第 1 の値に決定し、前記パワーが前記閾値以上である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第 2 の値に決定することにより、前記複数の単位領域から前記 2 値情報を取得する情報取得部と、を備えることを特徴とする情報読取装置。

【請求項 10】

2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成方法であって、

30

a) それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、

b) 前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記 2 値情報を埋め込む工程と、を備え、

前記 b) 工程において、

単位領域が要素値の第 1 の値に対応付けられている場合に、前記単位領域の画素値を高さとし、前記単位面を平滑化した平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、

単位領域が要素値の第 2 の値に対応付けられている場合に、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記平滑化面の平滑性を低下させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加えることを特徴とする情報埋込画像生成方法。

40

【請求項 11】

2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成方法であって、

a) それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、

b) 前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記 2 値情報を埋め込む工程と、

50

を備え、

前記 b) 工程において、

単位領域の画素値を高さのみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、

前記単位領域が要素値の第 1 の値に対応付けられている場合に、前記パワーが第 1 閾値以上であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記パワーが前記第 1 閾値未満であれば、前記単位領域の画素値を維持する、または、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、

前記単位領域が要素値の第 2 の値に対応付けられている場合に、前記パワーが前記第 1 閾値以上の第 2 閾値以上であれば、前記単位領域の画素値を維持し、前記パワーが前記第 2 閾値未満であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記パワーを増大させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記単位面を平滑化することなく前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加えることを特徴とする情報埋込画像生成方法。

【請求項 1 2】

2 値である要素値の配列である 2 値情報が埋め込まれた情報埋込画像から前記 2 値情報を読み取る情報読取方法であって、

a) 前記情報埋込画像から、それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を抽出する工程と、

b) 前記複数の単位領域の各単位領域において、画素値を高さのみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記パワーが所定の閾値未満である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第 1 の値に決定し、前記パワーが前記閾値以上である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第 2 の値に決定することにより、前記複数の単位領域から前記 2 値情報を取得する工程と、を備えることを特徴とする情報読取方法。

【請求項 1 3】

2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置にて実行される情報埋込画像生成プログラムであって、前記情報埋込画像生成プログラムの前記情報埋込画像生成装置による実行は、前記情報埋込画像生成装置に、

a) それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、

b) 前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記 2 値情報を埋め込む工程と、を実行させ、

前記 b) 工程において、

単位領域が要素値の第 1 の値に対応付けられている場合に、前記単位領域の画素値を高さのみなした単位面が、前記単位面を平滑化した平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、

単位領域が要素値の第 2 の値に対応付けられている場合に、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記平滑化面の平滑性を低下させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加えることを特徴とする情報埋込画像生成プログラム。

【請求項 1 4】

2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置にて実行される情報埋込画像生成プログラムであって、前記情報埋込画像生成プログラムの前記情報埋込画像生成装置による実行は、前記情報埋込画像生成装置に、

a) それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、

10

20

30

40

50

b) 前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記2値情報を埋め込む工程と、
を実行させ、

前記b)工程において、

単位領域の画素値を高さのみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、

前記単位領域が要素値の第1の値に対応付けられている場合に、前記パワーが第1閾値以上であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記パワーが前記第1閾値未満であれば、前記単位領域の画素値を維持する、または、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、

前記単位領域が要素値の第2の値に対応付けられている場合に、前記パワーが前記第1閾値以上の第2閾値以上であれば、前記単位領域の画素値を維持し、前記パワーが前記第2閾値未満であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記パワーを増大させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記単位面を平滑化することなく前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加えることを特徴とする情報埋込画像生成プログラム。

【請求項15】

2値である要素値の配列である2値情報が埋め込まれた情報埋込画像から前記2値情報を読み取る情報読取装置にて実行される情報読取プログラムであって、前記情報読取プログラムの前記情報読取装置による実行は、前記情報読取装置に、

a) 前記情報埋込画像から、それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を抽出する工程と、

b) 前記複数の単位領域の各単位領域において、画素値を高さのみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記パワーが所定の閾値未満である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第1の値に決定し、前記パワーが前記閾値以上である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第2の値に決定することにより、前記複数の単位領域から前記2値情報を取得する工程と、
を実行させることを特徴とする情報読取プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2値である要素値の配列である2値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する技術、および、2値情報が埋め込まれた情報埋込画像から当該2値情報を読み取る技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、画像データの不正コピーや改竄を発見するために、画像の観察者には知覚困難な暗号情報を画像データに埋め込み、専用の読取プログラム等により当該画像データから暗号情報を読み取る電子透かしという技術が利用されている。また、特許文献1では、暗号情報が埋め込まれた画像データに基づいて印刷用紙に印刷された画像を撮像し、撮像された画像から暗号情報を読み取る技術が開示されている。このように、印刷された画像に暗号情報を埋め込むことにより、電子データと同様に印刷物のトレーサビリティが向上される。

【0003】

また、非特許文献1では、2値画像である情報埋込画像を検証用画像と重ねて投影することにより埋め込まれた情報が浮き出るように、中間濃度のセル(すなわち、解像度の低い元画像の1つの画素に対応する情報埋込画像の画素群)における白黒の画素配置を、情報埋込画像と検証用画像とで互いに補完するように異ならせる技術が開示されている。

【0004】

一方、特許文献2では、携帯電話のカメラにより撮像した撮像画像を複数のブロックに

10

20

30

40

50

分割し、複数のブロック画像の平均濃度を閾値と比較することにより、複数のブロック画像に対応する複数のコードにより表されるURL (Uniform Resource Locator) を取得する技術が開示されている。

【特許文献1】特開2004-140764号公報

【特許文献2】特開2004-94551号公報

【非特許文献1】岡一博、中村康弘、松井甲子雄、「濃度パターン法を用いたハードコピー画像への署名の埋込み」、電子情報通信学会論文誌、電子情報通信学会、1996年9月、Vol. J79-D-II, No. 9, p. 1624-1626

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、実際に情報が埋め込まれた画像を印刷媒体に印刷し、さらに、印刷された画像を撮像して撮像画像から情報を読み取る場合には、印刷時における画像データからの解像度の変更や印刷ムラ等による情報の劣化、あるいは、情報読み取りの際の撮像における印刷時との解像度の違いやノイズ等による情報の劣化により、埋め込まれた情報を正確に読み取ることができないおそれがある。

【0006】

例えば、非特許文献1や特許文献2の手法では、画像の印刷や読み取りの際に画像の濃度が元画像データに比べて全体的に高くまたは低くなった場合、情報が埋め込まれた領域の濃度や平均濃度も変化してしまうため、情報を正確に読み取ることができなくなってしまう。

【0007】

一方、特許文献1の手法では、画像中において「0」または「1」である1つの符号が埋め込まれる予定の正形状のブロックに対し、ブロックと同形状であって交差する2本のエッジにより4つの領域に分割されたパターンが加算され、加算後のブロックにおける各領域の画素値の合計の大小関係により当該ブロックに埋め込まれた符号が表される。このように、異なる領域の画素値の大小関係により埋め込まれた符号が表される場合、画像の読み取り時にノイズ等が生じると上記の大小関係が逆転し、埋め込まれた符号とは異なる符号を読み取ってしまう恐れがある。また、特許文献1の手法では、情報埋め込み後の画像において、符号が埋め込まれたブロックには必ず2本の交差するエッジが存在することとなり、画像を見る者に違和感を与え、情報の埋め込みが知覚されてしまう可能性もある。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、2値情報を元画像に埋め込んで印刷等による情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成することを主な目的としており、また、情報埋込画像から2値情報を高精度に読み取ることも目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置であって、それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する単位領域設定部と、前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記2値情報を埋め込む単位領域変換部とを備え、前記単位領域変換部が、単位領域が要素値の第1の値に対応付けられている場合に、前記単位領域の画素値を高さとみなした単位面が、前記単位面を平滑化した平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、単位領域が要素値の第2の値に対応付けられている場合に、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記平滑化面の平滑性を低下させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加える。

【0010】

10

20

30

40

50

請求項 2 に記載の発明は、2 値である要素値の配列である 2 値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置であって、それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する単位領域設定部と、前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記 2 値情報を埋め込む単位領域変換部とを備え、前記単位領域変換部が、単位領域の画素値を高さのみとした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記単位領域が要素値の第 1 の値に対応付けられている場合に、前記パワーが第 1 閾値以上であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記パワーが前記第 1 閾値未満であれば、前記単位領域の画素値を維持する、または、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記単位領域が要素値の第 2 の値に対応付けられている場合に、前記パワーが前記第 1 閾値以上の第 2 閾値以上であれば、前記単位領域の画素値を維持し、前記パワーが前記第 2 閾値未満であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記パワーを増大させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記単位面を平滑化することなく前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加える。

10

【0011】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の情報埋込画像生成装置であって、前記第 2 閾値が前記第 1 閾値よりも大きい。

20

【0012】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、前記平滑化面が前記単位面の近似平面であり、前記オフセット値の前記単位領域における値の分布を高さとみなした面が平面ではない。

【0013】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 4 に記載の情報埋込画像生成装置であって、前記オフセット値が、前記単位領域における少なくとも 1 つの方向において、前記オフセット値の平均値よりも大きな値と前記平均値よりも小さな値とが繰り返し入れ替わるように分布する。

【0014】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、前記平滑化面が前記単位面の近似曲面であり、前記オフセット値が、前記単位領域における少なくとも 1 つの方向において、前記オフセット値よりも大きな値と前記平均値よりも小さな値とが、前記少なくとも 1 つの方向における前記近似曲面の極大値および極小値の合計個数よりも多い回数だけ入れ替わるように分布する。

30

【0015】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、前記オフセット値の平均値がほぼ 0 である。

【0016】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の情報埋込画像生成装置であって、前記オフセット値が、前記単位領域の各画素における絶対値が前記単位領域のエッジから中心に向かうに従って大きくなるように分布する。

40

【0017】

請求項 9 に記載の発明は、2 値である要素値の配列である 2 値情報が埋め込まれた情報埋込画像から前記 2 値情報を読み取る情報読取装置であって、前記情報埋込画像から、それぞれが前記 2 値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を抽出する単位領域抽出部と、前記複数の単位領域の各単位領域において、画素値を高さとみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記パワーが所定の閾値未満である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第 1 の値に決定し、前記パワーが前記閾値以上である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第 2 の値に決定することにより、前記複数の単位領域から前記 2 値情報を取得する情報取得部とを備え

50

る。

【0018】

請求項10に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成方法であって、a)それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、b)前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記2値情報を埋め込む工程とを備え、前記b)工程において、単位領域が要素値の第1の値に対応付けられている場合に、前記単位領域の画素値を高さとみなした単位面が、前記単位面を平滑化した平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、単位領域が要素値の第2の値に対応付けられている場合に、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記平滑化面の平滑性を低下させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加える。

10

【0019】

請求項11に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成方法であって、a)それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、b)前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記2値情報を埋め込む工程とを備え、前記b)工程において、単位領域の画素値を高さとみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記単位領域が要素値の第1の値に対応付けられている場合に、前記パワーが第1閾値以上であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記パワーが前記第1閾値未満であれば、前記単位領域の画素値を維持する、または、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記単位領域が要素値の第2の値に対応付けられている場合に、前記パワーが前記第1閾値以上の第2閾値以上であれば、前記単位領域の画素値を維持し、前記パワーが前記第2閾値未満であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記パワーを増大させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記単位面を平滑化することなく前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加える。

20

30

【0020】

請求項12に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報が埋め込まれた情報埋込画像から前記2値情報を読み取る情報読取方法であって、a)前記情報埋込画像から、それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を抽出する工程と、b)前記複数の単位領域の各単位領域において、画素値を高さとみなした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記パワーが所定の閾値未満である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第1の値に決定し、前記パワーが前記閾値以上である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第2の値に決定することにより、前記複数の単位領域から前記2値情報を取得する工程とを備える。

【0021】

請求項13に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置にて実行される情報埋込画像生成プログラムであって、前記情報埋込画像生成プログラムの前記情報埋込画像生成装置による実行は、前記情報埋込画像生成装置に、a)それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、b)前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記2値情報を埋め込む工程とを実行させ、前記b)工程において、単位領域が要素値の第1の値に対応付けられている場合に、前記単位領域の画素値を高さとみなした単位面が、前記単位面を平滑化した平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、単位領域が要素値の第2の値に対応付けられている場合に、前記単位面が前記平滑化面

40

50

となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記平滑化面の平滑性を低下させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加える。

【0022】

請求項14に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報を元画像に埋め込んで情報埋込画像を生成する情報埋込画像生成装置にて実行される情報埋込画像生成プログラムであって、前記情報埋込画像生成プログラムの前記情報埋込画像生成装置による実行は、前記情報埋込画像生成装置に、a)それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を前記元画像に設定する工程と、b)前記複数の単位領域の各単位領域の画素値を前記各単位領域に対応付けられた要素値に基づいて変換することにより前記元画像に前記2値情報を埋め込む工程とを実行させ、前記b)工程において、単位領域の画素値を高さのみとした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記単位領域が要素値の第1の値に対応付けられている場合に、前記パワーが第1閾値以上であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記パワーが前記第1閾値未満であれば、前記単位領域の画素値を維持する、または、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換し、前記単位領域が要素値の第2の値に対応付けられている場合に、前記パワーが前記第1閾値以上の第2閾値以上であれば、前記単位領域の画素値を維持し、前記パワーが前記第2閾値未満であれば、前記単位面が前記平滑化面となるように前記単位領域の画素値を変換した上で前記パワーを増大させるオフセット値を前記単位領域の画素値に加える、または、前記単位面を平滑化することなく前記オフセット値を前記単位領域の画素値に加える。

10

20

【0023】

請求項15に記載の発明は、2値である要素値の配列である2値情報が埋め込まれた情報埋込画像から前記2値情報を読み取る情報読取装置にて実行される情報読取プログラムであって、前記情報読取プログラムの前記情報読取装置による実行は、前記情報読取装置に、a)前記情報埋込画像から、それぞれが前記2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域を抽出する工程と、b)前記複数の単位領域の各単位領域において、画素値を高さのみとした単位面と、前記単位面を平滑化した平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーを求め、前記パワーが所定の閾値未満である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第1の値に決定し、前記パワーが前記閾値以上である場合に前記各単位領域が示す値を要素値の第2の値に決定することにより、前記複数の単位領域から前記2値情報を取得する工程とを実行させる。

30

【発明の効果】

【0024】

請求項1ないし8、10、11、13並びに14の発明では、情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成することができる。また、請求項4および5の発明では、単位面の平滑化を容易に行うことができる。さらに、請求項5ないし8の発明では、2値情報の要素値に対応付けられた単位領域が目立つことを抑制することができる。請求項9、12および15の発明では、情報埋込画像から2値情報を高精度に読み取ることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置1を示す図である。情報埋込画像生成装置1は、図2に示す元画像91に設定された複数の単位領域92の画素値を変換することにより、2値である要素値(すなわち、「0」または「1」)の配列である2値情報を元画像91に埋め込んで情報埋込画像を生成する装置である。図2では、元画像91の(-X)側かつ(-Y)側の角部近傍のみを示している。

【0026】

図1に示すように、情報埋込画像生成装置1は、通常のコンピュータと同様に、各種演算処理を行うCPU101、実行されるプログラムを記憶したり演算処理の作業領域とな

50

るRAM102、基本プログラムを記憶するROM103、各種情報を記憶する固定ディスク104、作業者に各種情報を表示するディスプレイ105、および、キーボードやマウス等の入力部106等を接続した構成となっている。固定ディスク104内には、情報埋込画像生成装置1により実行される情報埋込画像生成プログラム1041が記憶される。

【0027】

図3は、情報埋込画像生成装置1のCPU101等が情報埋込画像生成プログラム1041(図1参照)に従って演算処理を実行することにより実現される機能を示すブロック図であり、図3中の単位領域設定部11および単位領域変換部12が、CPU101等により実現される機能に相当する。単位領域設定部11は、それぞれが2値情報の要素値に対応付けられた複数の単位領域92(図2参照)を、元画像91の所定の位置(本実施の形態では、図2中の左上の位置)に設定する。また、単位領域変換部12は、各単位領域92の画素値を各単位領域92に対応付けられた要素値(すなわち、「0」または「1」)に基づいて変換することにより、元画像91に2値情報を埋め込む。なお、これらの機能は複数台のコンピュータにより実現されてもよい。

10

【0028】

次に、情報埋込画像生成装置1による情報埋込画像の生成の流れについて図4・Aおよび図4・Bに沿って説明する。本実施の形態では、説明の便宜上、要素値「0」および要素値「1」により表される8桁のビット列が、以下のステップS11~S22に示す工程により2値情報として元画像91に埋め込まれる(換言すれば、元画像91に埋め込まれる2値情報は、それぞれが「0」または「1」である8つの要素値を有する)ものとして説明するが、実際には、もっと多くの要素値を有するビット列が2値情報として元画像91に埋め込まれる。

20

【0029】

情報埋込画像生成装置1では、まず、図3に示す単位領域設定部11により、図2に示す元画像91の(-X)側かつ(-Y)側の角部に位置する各辺が6画素の矩形領域(すなわち、36画素からなる正方形の領域)の画素が選択され、選択された画素による矩形領域(以下、「仮設定領域」という。)に対してエッジの検出が行われる(ステップS11)。エッジ検出は、エッジフィルタを仮設定領域に対して適用することにより行われる。例えば、X方向の差分を取得するフィルタを仮設定領域に適用して得られた結果(以下、「第1処理ブロック」という。)、および、Y方向の差分を取得するフィルタを仮設定領域に適用して得られた結果(以下、「第2処理ブロック」という。)から、第1処理ブロックおよび第2処理ブロックの各要素の絶対値の合計を求め、当該合計が閾値以上であれば所定強度以上のエッジ(すなわち、X方向またはY方向に伸びる画素間の境界であって、当該境界の両側の画素における濃度差が所定の値以上であるもの)が存在するものとする。あるいは、第1処理ブロックおよび第2処理ブロックの各要素の二乗値の合計や当該合計の平方根と閾値とを比較することによりエッジの検出が行われてもよい。

30

【0030】

ステップS11において所定強度以上のエッジが検出された場合には(ステップS12)、仮設定領域の(+X)側に隣接する同様の形状の矩形領域が新たな仮設定領域とされ(ステップS13)、ステップS11に戻って新たな仮設定領域(すなわち、変更された仮設定領域)に対してエッジの検出が行われる(ステップS11)。

40

【0031】

一方、ステップS11において所定強度以上のエッジが検出されなかった場合は(ステップS12)、仮設定領域が1番目の単位領域92として設定され(ステップS14)、次の単位領域92の有無が確認される(ステップS15)。上述のように、本実施の形態では、元画像91に埋め込まれる2値情報が8つの要素値を有し、元画像91上に要素値の個数に等しい8つの単位領域92が設定される必要があるため、仮設定領域が、1番目の単位領域92の(+X)側に隣接する同様の形状の矩形領域に変更され(ステップS16)、ステップS11に戻る。

50

【 0 0 3 2 】

情報埋込画像生成装置 1 では、8 つの単位領域 9 2 が元画像 9 1 に設定されるまでステップ S 1 1 ~ S 1 6 が繰り返される。換言すれば、元画像 9 1 中に示されるエッジを避けて複数の単位領域 9 2 が設定される。本実施の形態では、元画像 9 1 の (- X) 側かつ (- Y) 側の角部から (+ X) 方向に連続する 8 つの単位領域 9 2 が設定されるものとして説明する。

【 0 0 3 3 】

単位領域 9 2 の設定が終了すると、単位領域変換部 1 2 (図 3 参照) により、1 番目の単位領域 9 2 が選択される (ステップ S 1 7) 。図 5 は、選択された単位領域 9 2 (以下、「選択単位領域 9 2」という。) の 3 6 個の画素の画素値を示す図であり、図 6 は、選択単位領域 9 2 の画素値を高さとし、みなした面である単位面 9 3 を示す図である。本実施の形態では、元画像 9 1 の各画素の画素値は、0 ~ 2 5 5 の値をとる。

10

【 0 0 3 4 】

続いて、単位領域変換部 1 2 により、選択単位領域 9 2 が 2 値情報の要素値の第 1 の値である「 0」、および、第 2 の値である「 1」のどちらに対応付けられているかが確認される (ステップ S 1 8) 。選択単位領域 9 2 が要素値「 0」に対応付けられている場合、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が、図 7 に示すように、単位面 9 3 を平滑化した近似平面 9 4 となるように、選択単位領域 9 2 の画素値が変換される (ステップ S 1 9) 。後述するように、単位面 9 3 は近似曲面となるように平滑化されてもよいため、以下の説明では、近似平面 9 4 を「平滑化面 9 4」と呼ぶ。図 7 では、単位面 9 3 と平滑化面 9 4 とを併せて描いている。図 8 は、変換後の選択単位領域 9 2 の画素値 (すなわち、平滑化面 9 4 に対応する画素値) を示す図であり、本実施の形態では、平滑化面 9 4 は、単位面 9 3 を最小二乗法により平面とする (すなわち、平滑化する) ことにより求められる。

20

【 0 0 3 5 】

情報埋込画像生成装置 1 では、ステップ S 1 1 ~ S 1 6 において所定強度以上のエッジが存在する領域を避けて単位領域 9 2 が設定されることにより、ステップ S 1 9 における単位面 9 3 の平滑化面 9 4 への近似 (すなわち、平滑化面の取得) が容易とされる。また、平滑化面 9 4 の取得の際には、必要に応じて単位面 9 3 のノイズ除去が行われてもよい。ここでいうノイズ除去は、選択単位領域 9 2 の 1 つの画素に対応する高さが、周囲の高さに比べて異常に高いまたは低い場合、当該画素に対応する高さを周囲の高さに合わせて修正することを意味する。

30

【 0 0 3 6 】

一方、選択単位領域 9 2 が要素値「 1」に対応付けられている場合、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が、図 7 に示す平滑化面 9 4 となるように選択単位領域 9 2 の画素値が図 8 に示すように変換された上で、図 9 に示すオフセット値 9 5 が選択単位領域 9 2 の変換後の画素値 (図 8 参照) に加えられる (ステップ S 2 0) 。図 9 から理解されるように、オフセット値 9 5 の単位領域 9 2 における値の分布を高さとみなした面 (以下、「オフセット面」という。) は平面ではない (すなわち、オフセット面は一の平面のみで構成される面ではない) 。したがって、選択単位領域 9 2 の変換後の画素値にオフセット値 9 5 を加えるということは、平滑化面 9 4 の平滑性を低下させるオフセット値 9 5 に対応するオフセット面を平滑化面 9 4 に合成することに相当する。

40

【 0 0 3 7 】

図 9 に示すオフセット値 9 5 は、単位領域 9 2 の 3 6 個の画素に対応する 3 6 個の値の集合であり、これら 3 6 個の値の平均値はほぼ 0 (本実施の形態では、0) とされる。オフセット値 9 5 は、単位領域 9 2 における少なくとも 1 つの方向において、オフセット値 9 5 の平均値よりも大きい値と当該平均値よりも小さい値とが繰り返し入れ替わるように分布しており、本実施の形態では、オフセット値 9 5 の単位領域 9 2 の各画素に対応する値の符号は、隣接する画素に対応する値の符号と反対になっている。換言すれば、本実施の形態では、オフセット値 9 5 は、単位領域 9 2 の X 方向および Y 方向において、正負が 1 画素毎に繰り返し入れ替わるように分布している。また、オフセット値 9 5 は、単位領

50

域 9 2 の各画素における絶対値が単位領域 9 2 のエッジから中心に向かうに従って大きくなるように分布している。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 2 0 では、選択単位領域 9 2 の画素値を変換することなく（すなわち、単位面 9 3 を平滑化することなく）、図 5 に示す選択単位領域 9 2 の画素値に図 9 に示すオフセット値 9 5 が加えられてもよい。図 1 0 は、オフセット値 9 5 が加えられた後の選択単位領域 9 2 の画素値を高さとし、単位面 9 3 a（以下、「変換済単位面 9 3 a」という。）を示す図である。図 1 0 に示すように、オフセット値 9 5 を加えることにより、単位面 9 3 は、単位面 9 3 よりも凹凸の程度が大きい変換済単位面 9 3 a に変換される。

【 0 0 3 9 】

上記オフセット値 9 5 は、変換済単位面 9 3 a と平滑化面 9 4 との高さの差の二乗和であるパワー（詳細については後述する。）が、情報読取装置 6（図 1 1 参照）において単位領域 9 2 が示す要素値を決定する際に利用される閾値以上となるように予め設定されている。また、ステップ S 2 0 において、単位面 9 3 が平滑化面 9 4 となるように選択単位領域 9 2 の画素値が変換された上でオフセット値 9 5 が選択単位領域 9 2 の変換後の画素値に加えられる場合も同様に、オフセット値 9 5 が加えられた後の選択単位領域 9 2 の画素値を高さとし、変換済単位面と平滑化面 9 4 との高さの差の二乗和であるパワーが上記閾値以上となる。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 9 またはステップ S 2 0 が終了すると、次の単位領域 9 2 の存否（すなわち、2 値情報の次の要素値の存否）が確認され（ステップ S 2 1）、次の単位領域 9 2 がある場合には、選択単位領域が次の単位領域 9 2 に変更された後（ステップ S 2 2）、ステップ S 1 8 へと戻り、ステップ S 1 8、および、ステップ S 1 9 またはステップ S 2 0 が行われる。情報埋込画像生成装置 1 では、ステップ S 1 1 ~ S 1 6 で設定された全ての単位領域 9 2 の画素値の変換（すなわち、2 値情報の全ての要素値に基づく画素値の変換）が終了するまでステップ S 1 8 ~ S 2 2 が繰り返されることにより、元画像 9 1 に対する 2 値情報の埋め込みが終了し、情報埋込画像が生成される。情報埋込画像は、通常のインクジェットプリンタ等により、印刷用紙等の印刷媒体上に印刷される。

【 0 0 4 1 】

次に、情報埋込画像生成装置 1 により 2 値情報が埋め込まれた情報埋込画像から当該 2 値情報を読み取る情報読取装置について説明する。図 1 1 に示す情報読取装置 6 は、印刷媒体 9 をガラス面上に保持する保持部 6 3、印刷媒体 9 の画像を取得する画像取得部 6 1、および、画像取得部 6 1 により取得された画像を受け付けて暗号情報を読み取る読取部 6 2 を備える。画像取得部 6 1 は、印刷された面を下側（（ - Z ）側）に向けて保持部 6 3 に保持された印刷媒体 9 の下方に配置され、印刷媒体 9 の印刷された面の画像を取得する。

【 0 0 4 2 】

画像取得部 6 1 は、印刷媒体 9 上において X 方向に伸びる線状領域を撮像するラインセンサ 6 1 1、印刷媒体 9 上におけるラインセンサ 6 1 1 の撮像領域に光を照射する光照射部 6 1 2、並びに、ラインセンサ 6 1 1 および光照射部 6 1 2 を X 方向に垂直な Y 方向に移動するセンサ移動機構 6 1 3 を備える。本実施の形態では、ラインセンサ 6 1 1 は、線状に配列された複数の CCD（Charge Coupled Device）素子を備え、ラインセンサ 6 1 1 の線状の撮像領域は印刷媒体 9 の X 方向の全幅に亘る。

【 0 0 4 3 】

図 1 2 は、読取部 6 2 の構成を示す図である。読取部 6 2 は、通常のコンピュータと同様に、CPU 6 0 1、RAM 6 0 2、ROM 6 0 3、固定ディスク 6 0 4、ディスプレイ 6 0 5、および、入力部 6 0 6 等を接続した構成となっており、固定ディスク 6 0 4 内には、読取部 6 2 により実行される情報読取プログラム 6 0 4 1 が記憶される。図 1 3 は、読取部 6 2 の CPU 6 0 1 等が情報読取プログラム 6 0 4 1 に従って演算処理を実行することにより実現される機能を示すブロック図であり、図 1 3 中の単位領域抽出部 6 2 1 お

10

20

30

40

50

よび情報取得部622が、CPU601等により実現される機能に相当する。これらの機能は複数台のコンピュータにより実現されてもよい。

【0044】

図14は、情報読取装置6による2値情報の読み取りの流れを示す図である。図11に示す情報読取装置6では、まず、画像取得部61のラインセンサ611および光照射部612がY方向に走査されることにより、印刷媒体9が撮像されて撮像画像が読取部62へと送られる(ステップS31)。

【0045】

続いて、撮像画像の解像度と元画像91の(既知の)解像度とが等しくなるように撮像画像の解像度が必要に応じて調整され、撮像画像の印刷領域(すなわち、情報埋込画像)において(-X)側かつ(-Y)側の角部に位置する各辺が6画素の矩形領域(すなわち、36画素からなる正方形の領域)の画素が選択され、選択された画素による矩形領域である仮設定領域に対してエッジの検出が行われる。エッジ検出は、上述のステップS11と同様に、エッジフィルタを仮設定領域に対して適用することにより行われる。エッジ検出において所定強度以上のエッジが検出された場合には、仮設定領域の(+X)側に隣接する同様の形状の矩形領域が新たな仮設定領域とされ、新たな仮設定領域に対してエッジの検出が行われる。

【0046】

一方、エッジ検出において所定強度以上のエッジが検出されなかった場合は、仮設定領域が1番目の単位領域92として抽出される。そして、仮設定領域の(+X)側に隣接する同様の形状の矩形領域が新たな仮設定領域とされてエッジの検出が行われ、エッジの強度に基づいて当該新たな仮設定領域が2番目の単位領域92として抽出されるか否かが判断される。上述のように、本実施の形態では、元画像91に埋め込まれる2値情報が8つの要素値を有し、元画像91の(-X)側かつ(-Y)側の角部から(+X)方向に連続する8つの単位領域92が当該8つの要素値に対応する単位領域として設定されている。情報読取装置6では、1番目の単位領域92の(+X)側においてX方向に配列される同様の形状の7つの矩形領域が、2番目~8番目の単位領域92として抽出される(ステップS32)。以下では、便宜上、1番目の単位領域92に要素値「0」が対応付けられており、2番目の単位領域92に要素値「1」が対応付けられているものとして説明する。

【0047】

それぞれが2値情報の要素値に対応付けられた8つの単位領域92が情報埋込画像から抽出されると、情報取得部622(図13参照)により、1番目の単位領域92が選択され(ステップS33)、選択された単位領域92(すなわち、選択単位領域92)の画素値を高さとみなした面である単位面(以下、「読取単位面」という。)が生成される。1番目の単位領域92は要素値「0」に対応付けられているため、生成された読取単位面の形状は、図7に示す単位面93の近似平面である平滑化面94の形状と等しくなる。情報取得部622では、また、読取単位面を平滑化した近似平面である読取平滑化面が生成される。1番目の単位領域92では、ノイズを無視した場合、上述のように読取単位面は平面である平滑化面94(図7参照)と等しい形状を有するため、読取平滑化面の形状は読取単位面とほぼ等しくなる。情報取得部622では、実際には、読取単位面および読取平滑化面を示すデータが生成される。

【0048】

次に、読取単位面と読取平滑化面と(を示すデータ)に基づいて、選択単位領域92の各画素における読取単位面と読取平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーが求められ、所定の閾値と比較される(ステップS34, S35)。1番目の選択単位領域92では、読取平滑化面の形状と読取単位面の形状とが等しいため、パワーとして(ほぼ)0が求められ、パワーが閾値未満と判断されて選択単位領域92が示す値が「0」に決定される(ステップS36)。

【0049】

選択単位領域92が示す値が決定されると、次の単位領域92の存否が確認され(ステ

10

20

30

40

50

ップS38)、選択単位領域が2番目の単位領域92に変更された後(ステップS39)、ステップS34へと戻り、読取単位面および読取平滑化面が生成される。2番目の単位領域92は要素値「1」に対応付けられているため、読取単位面は凹凸の程度が大きい形状を有し(図10に示す変換済単位面93a参照)、読取平滑化面は当該読取単位面を平滑化した近似平面となる。上述のように、要素値「1」に対応付けられる単位領域92に加えらるオフセット値95は、単位領域92において隣接する画素と符号が反対になるように分布しているため、読取平滑化面は、図7に示す平滑化面94とほぼ同様の形状を有する。

【0050】

そして、選択単位領域92の各画素における読取単位面と読取平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーが求められ、パワーが所定の閾値以上と判断されて選択単位領域92が示す値が「1」に決定された後、次の単位領域92の存否が確認される(ステップS34, S35, S37, S38)。情報読取装置6では、8つの単位領域92が示す値が決定されるまでステップS34~S39が繰り返されることにより(すなわち、情報取得部622により、複数の単位領域92のそれぞれにおいて単位領域92の示す値を取得することにより)、情報埋込画像の複数の単位領域92からの2値情報の取得が終了する。

【0051】

以上に説明したように、本実施の形態に係る情報埋込画像生成装置1では、元画像91に設定された各単位領域92が2値情報の要素値「0」に対応付けられる場合に、単位面93が近似平面である平滑化面94になるように単位領域92の画素値が変換され(すなわち、単位領域92のパワーが0とされ)、単位領域92が要素値「1」に対応付けられる場合に、単位面93が平滑化面94になるように単位領域92の画素値を変換した後にオフセット値95が加えられ、あるいは、単位領域92の画素値にオフセット値95が加えられる(すなわち、単位領域92のパワーを増大する)ことにより、情報埋込画像が生成される。そして、情報読取装置6では、情報埋込画像の各単位領域92において、読取単位面と読取平滑化面とに基づいてパワーを求め、パワーが閾値未満である場合に単位領域92が示す値が「0」に決定され、パワーが閾値以上である場合に単位領域92が示す値が「1」に決定される。

【0052】

このように、情報埋込画像生成装置1では、2値情報の要素値が単位領域92のパワー(すなわち、単位領域92の画素値を高さとみなした場合の凹凸の程度)として元画像91に埋め込まれ、当該パワーは、情報埋込画像が印刷される際や情報読取装置6により撮像される際に画像の濃度が元画像91よりも全体的に高くまたは低くなった場合であってもほとんど変化しない。したがって、情報埋込画像生成装置1により、印刷や撮像等による情報劣化がほとんど生じない形態にて2値情報を元画像91に埋め込み、印刷や撮像等による情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成することができる。また、情報読取装置6では、印刷や撮像等による影響を抑制して情報埋込画像に埋め込まれた2値情報を高精度に読み取ることができる。

【0053】

情報埋込画像生成装置1では、ステップS20にて選択単位領域92の画素値または変換後の画素値に加えらるオフセット値95の平均値がほぼ0(0の場合を含む。)とされることにより、オフセット値95が加えられる前後における選択単位領域92の平均画素値がほぼ等しくされる。これにより、要素値「1」に対応付けられた単位領域92の濃度が周囲の領域から不連続となって当該単位領域92が目立ってしまうことを抑制することができる。その結果、観察者による単位領域92の知覚を困難とすることができる。また、オフセット値95が、単位領域の各画素における絶対値が単位領域のエッジから中心に向かうに従って大きくなるように分布しているため、単位領域92のエッジ近傍における画素値が、オフセット値95の加算により大きく変化しない。その結果、要素値「1」に対応付けられた単位領域92の濃度が周囲の領域から不連続となって当該単位領域92が目立ってしまうことをより一層抑制することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

情報埋込画像生成装置 1 では、オフセット値 9 5 において一の画素に対応する値の符号が隣接する画素に対応する値の符号と反対であることにより、オフセット値 9 5 の加算後の変換済単位面における凹凸が細かい単位で繰り返される。これにより、要素値「1」に対応付けられた単位領域 9 2 が目立ってしまうことをさらに抑制することができる。また、オフセット値 9 5 において一の画素に対応する値の符号が隣接する画素に対応する値の符号と反対であることにより、情報読取装置 6 において生成される読取平滑化面の形状が、元画像 9 1 の単位領域 9 2 を平滑化した平滑化面 9 4 の形状とほぼ同様とされる。これにより、情報読取装置 6 により読取単位面および読取平滑化面から求められたパワーが、情報埋込画像生成装置 1 においてオフセット値 9 5 の加算後に予定されていたパワー（すなわち、オフセット値 9 5 の加算後の変換済単位面と変換前の単位面 9 3 を平滑化した平滑化面 9 4 との高さの差の二乗和）にほぼ等しくされ、その結果、情報埋込画像に埋め込まれた 2 値情報をより高精度に読み取ることができる。

10

【 0 0 5 5 】

ところで、印刷媒体 9 上の情報埋込画像について、単位領域 9 2 の各辺の長さが 0 . 8 mm 以下であれば、単位領域 9 2 における複数の画素の画素値の差を観察者が知覚しにくいとされている。一方、情報読取装置 6 では、画像取得部 6 1 のラインセンサ 6 1 1 において複数の解像度から一の解像度が選択されて印刷媒体 9 の画像が取得されるが、例えば、単位領域 9 2 が各辺の長さが 0 . 8 mm の正方形であるとする、ラインセンサ 6 1 1 の解像度を 1 5 0 dpi 程度の低解像度に設定した場合であっても、単位領域 9 2 における複数の画素の画素値の差を十分に検出することが可能である。

20

【 0 0 5 6 】

情報埋込画像生成装置 1 では、上述のように、単位領域 9 2 が各辺が 6 画素の矩形領域とされているため、当該単位領域 9 2 を解像度 1 5 0 dpi で描画すると各辺の長さが約 1 mm 程度の矩形領域となる。したがって、印刷媒体 9 上の情報埋込画像において、情報読取装置 6 による単位領域 9 2 の読み取りを低解像度にて可能とすることができるとともに観察者による単位領域 9 2 の知覚を困難とすることができる。また、単位領域 9 2 の各辺の画素数を偶数とすることにより、オフセット値 9 5 の平均値（すなわち、単位領域 9 2 の 3 6 個の画素に対応するオフセット値 9 5 の 3 6 個の値の平均値）が 0 となるように、オフセット値 9 5 を容易に設定することができる。

30

【 0 0 5 7 】

第 1 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置 1 では、ステップ S 1 9 において、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が、図 1 5 に示すように、単位面 9 3 を平滑化した近似 2 次曲面である平滑化面 9 4 a となるように、選択単位領域 9 2 の画素値が変換されてもよい。この場合、ステップ S 2 0 においても同様に、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が、図 1 5 に示す平滑化面 9 4 a となるように選択単位領域 9 2 の画素値が図 1 6 に示すように変換された上で、図 9 に示すオフセット値 9 5 が選択単位領域 9 2 の変換後の画素値（図 1 6 参照）に加えられる。平滑化面 9 4 a は、単位面 9 3 を最小二乗法により平滑化することにより求められる。

【 0 0 5 8 】

これにより、上記と同様に、情報埋込画像生成装置 1 において、印刷や撮像等による情報劣化がほとんど生じない形態にて 2 値情報を元画像 9 1 に埋め込み、印刷や撮像等による情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成することができる。また、平滑化面を近似 2 次曲面とすることにより、平滑化面を近似平面とする場合に比べて、単位面から平滑化面への変化を目立たなくすることができ、要素値「0」が対応付けられた単位領域 9 2 が目立つことを抑制することができる。その結果、観察者による単位領域 9 2 の知覚を困難とすることができる。一方、平滑化面を近似平面とする場合には、単位面の平滑化が容易とされる。

40

【 0 0 5 9 】

このように、情報埋込画像生成装置 1 において単位領域 9 2 の単位面の近似 2 次曲面が

50

平滑化面とされる場合、情報読取装置 6 では、ステップ S 3 4 において、選択単位領域 9 2 の読取単位面、および、読取単位面を平滑化した近似 2 次曲面である読取平滑化面が生成され、読取単位面と読取平滑化面と（を示すデータ）に基づいて、選択単位領域 9 2 の各画素における読取単位面と読取平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーが求められる。この場合も、単位領域 9 2 の単位面の近似平面が平滑化面とされる場合と同様に、印刷や撮像等による影響を抑制して情報埋込画像に埋め込まれた 2 値情報を高精度に読み取ることができる。

【0060】

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置について説明する。第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置の構成は、図 1 に示す情報埋込画像生成装置 1 と同様であり、以下の説明において対応する構成に同符号を付す。第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置では、第 1 の実施の形態と部分的に異なる手法により元画像 9 1 に 2 値情報が埋め込まれる。

10

【0061】

図 1 7 . A および図 1 7 . B は、第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置における情報埋込画像の生成の流れの一部を示す図である。第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置では、第 1 の実施の形態と同様に、単位領域設定部 1 1（図 3 参照）によりステップ S 1 1 ~ S 1 6（図 4 . A 参照）が行われることにより、元画像 9 1 に複数の単位領域 9 2（図 2 参照）が設定される。

【0062】

続いて、単位領域変換部 1 2（図 3 参照）により、1 番目の単位領域 9 2 が選択され（ステップ S 4 1）、選択された単位領域 9 2（以下、「選択単位領域 9 2」という。）の画素値を高さとみなした面である単位面 9 3（図 6 参照）と、単位面 9 3 を平滑化した近似平面である平滑化面 9 4（図 7 参照）とに基づいて、単位面 9 3 と平滑化面 9 4 との高さの差の二乗和であるパワーが求められる（ステップ S 4 2）。

20

【0063】

次に、選択単位領域 9 2 が 2 値情報の要素値の第 1 の値である「0」、および、第 2 の値である「1」のどちらに対応付けられているかが確認され（ステップ S 4 3）。選択単位領域 9 2 が要素値「0」に対応付けられている場合、選択単位領域 9 2 のパワーと所定の第 1 閾値とが比較される（ステップ S 4 4）。選択単位領域 9 2 のパワーが第 1 閾値以上であれば、単位面 9 3 が近似平面である平滑化面 9 4 となるように選択単位領域 9 2 の画素値（図 5 参照）が変換され（ステップ S 4 5）、パワーが第 1 閾値未満であれば、選択単位領域 9 2 の画素値が変換されることなく維持される（ステップ S 4 6）。ステップ S 4 6 では、ステップ S 4 3 と同様に、単位面 9 3 が平滑化面 9 4 となるように選択単位領域 9 2 の画素値が変換されてもよい。

30

【0064】

一方、選択単位領域 9 2 が要素値「1」に対応付けられている場合、選択単位領域 9 2 のパワーと、上記第 1 閾値よりも大きい所定の第 2 閾値とが比較される（ステップ S 4 7）。選択単位領域 9 2 のパワーが第 2 閾値以上であれば、選択単位領域 9 2 の画素値が変換されることなく維持され（ステップ S 4 8）、パワーが第 2 閾値未満であれば、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が平滑化面 9 4 となるように選択単位領域 9 2 の画素値が変換された上で（図 8 参照）、第 1 の実施の形態と同様のオフセット値 9 5（図 9 参照）が選択単位領域 9 2 の変換後の画素値に加えられる（ステップ S 4 9）。ステップ S 4 9 では、選択単位領域 9 2 の画素値を変換することなく（すなわち、単位面 9 3 を平滑化することなく）、選択単位領域 9 2 の画素値にオフセット値 9 5 が加えられてもよい。オフセット値 9 5 は、オフセット値 9 5 が加えられた後の選択単位領域 9 2 の画素値を高さとみなした変換済単位面と平滑化面 9 4 との高さの差の二乗和であるパワーを増大させるように設定されており、ステップ S 4 9 においてオフセット値 9 5 が加えられることにより、当該パワーが、情報読取装置 6 にて利用される閾値（以下、「読取閾値」という。）よりも大きくなる。

40

50

【 0 0 6 5 】

続いて、次の単位領域 9 2 の存否（すなわち、2 値情報の次の要素値の存否）が確認され（ステップ S 5 0）、次の単位領域 9 2 がある場合には、選択単位領域が次の単位領域 9 2 に変更された後（ステップ S 5 1）、ステップ S 4 2 へと戻り、ステップ S 4 2 ~ S 4 9 が行われる。情報埋込画像生成装置では、ステップ S 1 1 ~ S 1 6 で設定された全ての単位領域 9 2 の画素値の変換（すなわち、2 値情報の全ての要素値に基づく画素値の変換）が終了するまでステップ S 4 2 ~ S 5 1 が繰り返されることにより、元画像 9 1 に対する 2 値情報の埋め込みが終了し、情報埋込画像が生成される。

【 0 0 6 6 】

情報読取装置 6 において、印刷媒体 9 上に印刷された情報埋込画像から 2 値情報が読み取られる際には、第 1 の実施の形態と同様に、図 1 4 に示すステップ S 3 1 ~ S 3 9 が行われる。ステップ S 3 5 において選択単位領域 9 2 のパワーと比較される読取閾値は、上述の第 1 閾値よりも大きく、かつ、第 2 閾値よりも小さくされ、本実施の形態では、第 1 閾値と第 2 閾値との平均値とされる。

10

【 0 0 6 7 】

第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置では、第 1 の実施の形態と同様に、印刷や撮像等による情報劣化がほとんど生じない形態にて 2 値情報を元画像 9 1 に埋め込み、印刷や撮像等による情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成することができる。また、情報読取装置 6 では、印刷や撮像等による影響を抑制して情報埋込画像に埋め込まれた 2 値情報を高精度に読み取ることができる。

20

【 0 0 6 8 】

第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置では、特に、単位領域 9 2 のパワーが求められ、単位領域 9 2 が「0」に対応付けられており、かつ、当該パワーが読取閾値よりも小さい第 1 閾値以上である場合に、単位面 9 3 が近似平面である平滑化面 9 4 となるように単位領域 9 2 の画素値が変換される。これにより、情報読取装置 6 において、当該単位領域 9 2 のパワーをほぼ 0 とする（すなわち、読取閾値からある程度以上離れた小さい値とする）ことができ、単位領域 9 2 が示す値が「0」であると正確に決定することができる。また、情報埋込画像生成装置において、単位領域 9 2 が「1」に対応付けられており、かつ、単位領域 9 2 のパワーが読取閾値よりも大きい第 2 閾値未満である場合に、単位領域 9 2 の画素値にオフセット値 9 5 が加えられて単位領域 9 2 のパワーが第 2 閾値以上とされる（すなわち、読取閾値からある程度以上離れた大きい値とされる）ことにより、情報読取装置 6 において、単位領域 9 2 が示す値が「1」であると正確に決定することができる。このように、第 2 閾値を第 1 閾値よりも大きくすることにより、情報埋込画像に埋め込まれた 2 値情報をより高精度に読み取ることができる。

30

【 0 0 6 9 】

第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置では、ステップ S 4 2 において、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3（図 1 5 参照）と単位面 9 3 を平滑化した近似 2 次曲面である平滑化面 9 4 a（図 1 5 参照）とに基づいて、単位面 9 3 と平滑化面 9 4 a との高さの差の二乗和であるパワーが求められてもよい。この場合、ステップ S 4 5、S 4 6 において、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が近似 2 次曲面である平滑化面 9 4 a となるように、選択単位領域 9 2 の画素値が変換される。また、ステップ S 4 9 において、選択単位領域 9 2 の単位面 9 3 が近似 2 次曲面である平滑化面 9 4 a となるように選択単位領域 9 2 の画素値が変換された上で（図 1 6 参照）、第 1 の実施の形態と同様のオフセット値 9 5（図 9 参照）が選択単位領域 9 2 の変換後の画素値に加えられる。

40

【 0 0 7 0 】

これにより、上記と同様に、第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置において、印刷や撮像等による情報劣化がほとんど生じない形態にて 2 値情報を元画像 9 1 に埋め込み、印刷や撮像等による情報劣化が抑制可能な情報埋込画像を生成することができる。また、平滑化面を近似 2 次曲面とすることにより、平滑化面を近似平面とする場合に比べて、要素値「0」が対応付けられた単位領域 9 2 が目立つことを抑制することができる。一

50

方、平滑化面を近似平面とする場合には、単位面の平滑化が容易とされる。

【0071】

このように、情報埋込画像生成装置において単位領域92の単位面の近似2次曲面が平滑化面とされる場合、情報読取装置6では、上述のようにステップS34において、選択単位領域92の読取単位面、および、読取単位面を平滑化した近似2次曲面である読取平滑化面に基づいて、選択単位領域92の各画素における読取単位面と読取平滑化面との高さの差の二乗和であるパワーが求められる。この場合も、単位領域92の単位面の近似平面が平滑化面とされる場合と同様に、印刷や撮像等による影響を抑制して情報埋込画像に埋め込まれた2値情報を高精度に読み取ることができる。

【0072】

以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

【0073】

第2の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置では、第2閾値は必ずしも第1閾値よりも大きくされる必要はなく、第1閾値と第2閾値とが等しくされてもよい。すなわち、第2閾値は第1閾値以上とされる。この場合、情報読取装置6における読取閾値は、第1閾値および第2閾値に等しい値とされる。

【0074】

上述の情報埋込画像生成装置では、オフセット値95の36個の値の平均値は、必ずしもほぼ0とされる必要はなく、オフセット値95が加えられた単位領域92があまり目立たない範囲内で適宜変更されてよい。また、単位領域92は、必ずしも各辺が6画素の正方形の領域とされる必要はなく、単位領域92の大きさおよび形状は適宜変更されてよい。

【0075】

オフセット値95の単位領域92の各画素に対応する値の符号は、必ずしも、隣接する画素に対応する値の符号と反対になっている必要はなく、例えば、単位領域92が比較的大きい場合(単位領域92の画素数が多い場合)、単位領域92が複数個の画素のグループに分割され、オフセット値95は、単位領域92において隣接するグループ毎に正負が繰り返し入れ替わるように分布してもよい。この場合であっても、上記と同様に、要素値「1」に対応付けられた単位領域92が目立ってしまうことを抑制することができる。とともに、情報埋込画像に埋め込まれた2値情報をより高精度に読み取ることができる。

【0076】

情報埋込画像生成装置では、単位領域92の単位面を平滑化した平滑化面が近似平面とされる場合、オフセット値95は、必ずしも単位領域92において正負が繰り返し入れ替わるように分布する必要はなく、単位領域92における値の分布を高さとみなしたオフセット面が平面でなければよい。ただし、オフセット値95は、単位領域92における少なくとも1つの方向において、オフセット値95の平均値よりも大きい値と当該平均値よりも小さい値とが繰り返し入れ替わるように分布することが好ましく、これにより、上記と同様に、要素値「1」に対応付けられた単位領域92が目立ってしまうことを抑制することができる。とともに、情報埋込画像に埋め込まれた2値情報をより高精度に読み取ることができる。また、単位領域92の単位面を平滑化した平滑化面が近似2次曲面とされる場合、オフセット値95は、単位領域92における少なくとも1つの方向において、オフセット値95の平均値よりも大きい値と当該平均値よりも小さい値とが繰り返し入れ替わるように分布すればよい。

【0077】

単位領域92の単位面の平滑化面は、必ずしも近似平面または近似2次曲面とされる必要はなく、3次以上の近似曲面とされてもよい。この場合、オフセット値95は、単位領域92における少なくとも1つの方向において、オフセット値の平均値よりも大きい値と当該平均値よりも小さい値とが近似曲面の次数以上の回数だけ入れ替わるように分布する。上記実施の形態では、単位面の平滑化を最小二乗法により行っているが、当該平滑化は

10

20

30

40

50

、例えばスプライン法のような他の手法により行われてもよい。スプライン法等により単位面の近似曲面である平滑化面が生成される場合、オフセット値 95 は、単位領域 92 における少なくとも 1 つの方向において、オフセット値の平均値よりも大きい値と当該平均値よりも小さい値とが、近似曲面の極大値および極小値の合計個数よりも多い回数だけ入れ替わるように分布する。これにより、上記と同様に、要素値「1」に対応付けられた単位領域 92 が目立ってしまうことを抑制することができるとともに、情報埋込画像に埋め込まれた 2 値情報をより高精度に読み取ることができる。

【0078】

上述の情報読取装置 6 では、必ずしも画像取得部 61 により情報埋込画像の撮像が行われる必要はなく、他の装置にて取得された情報埋込画像のデータを用いて情報埋込画像からの 2 値情報の読み取り（ステップ S32～S39）が行われてもよい。この場合、情報読取装置 6 から画像取得部 61 が省略されてもよい。また、情報読取装置 6 では、上記実施の形態に係る情報埋込画像生成装置にて生成された情報埋込画像のデータそのものを受け付けて、当該データからの 2 値情報の読み取りが行われてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図 1】第 1 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置を示す図である。

【図 2】元画像の一部を示す図である。

【図 3】情報埋込画像生成装置の機能を示すブロック図である。

【図 4 . A】情報埋込画像の生成の流れを示す図である。

【図 4 . B】情報埋込画像の生成の流れを示す図である。

【図 5】単位領域の画素値を示す図である。

【図 6】単位領域の画素値を高さとしなした単位面を示す図である。

【図 7】単位面を平滑化した平滑化面を単位面と共に示す図である。

【図 8】変換後の単位領域の画素値を示す図である。

【図 9】オフセット値を示す図である。

【図 10】オフセット値加算後の変換済単位面を示す図である。

【図 11】情報読取装置を示す図である。

【図 12】情報読取装置の読取部の構成を示す図である。

【図 13】読取部の機能を示すブロック図である。

【図 14】2 値情報の読み取りの流れを示す図である。

【図 15】単位面を平滑化した平滑化面を単位面と共に示す図である。

【図 16】変換後の単位領域の画素値を示す図である。

【図 17 . A】第 2 の実施の形態に係る情報埋込画像生成装置による情報埋込画像の生成の流れを示す図である。

【図 17 . B】情報埋込画像の生成の流れを示す図である。

【符号の説明】

【0080】

1 情報埋込画像生成装置

6 情報読取装置

11 単位領域設定部

12 単位領域変換部

91 元画像

92 (選択) 単位領域

93 単位面

93 a 変換済単位面

94, 94 a 平滑化面

95 オフセット値

621 単位領域抽出部

622 情報取得部

10

20

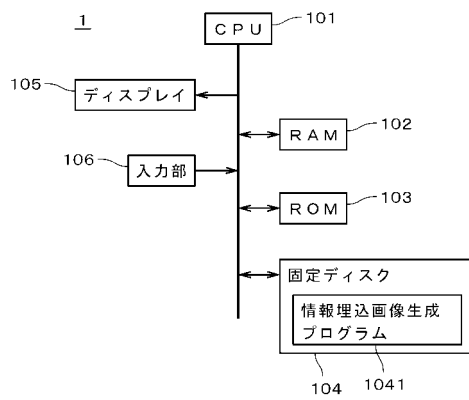
30

40

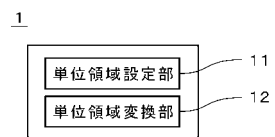
50

1 0 4 1 情報埋込画像生成プログラム
6 0 4 1 情報読取プログラム
S 1 1 ~ S 2 2 , S 3 1 ~ S 3 9 , S 4 1 ~ S 5 1 ステップ

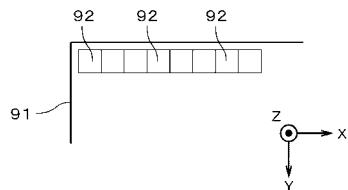
【図1】



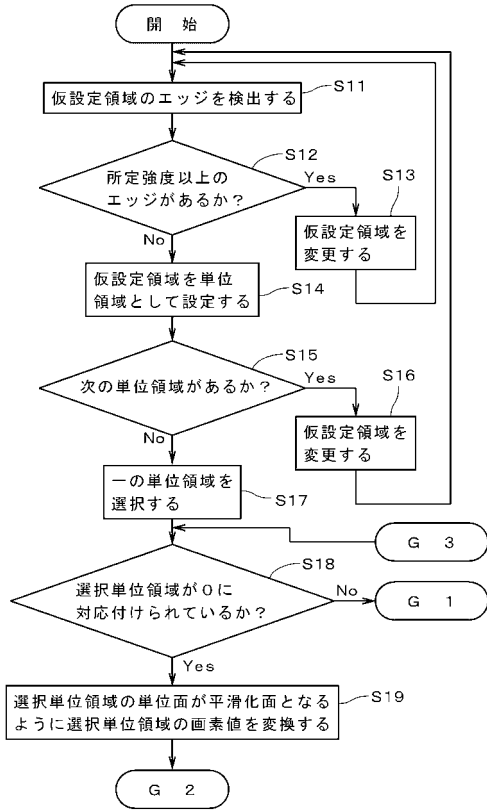
【図3】



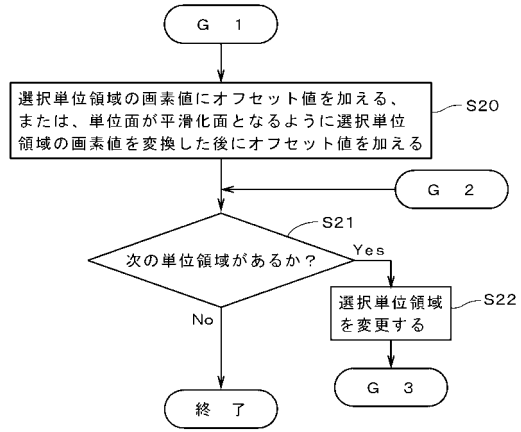
【図2】



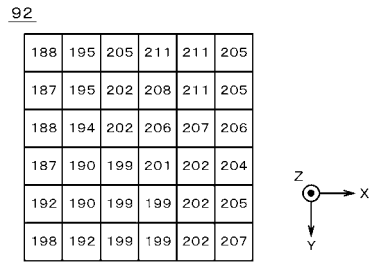
【図4.A】



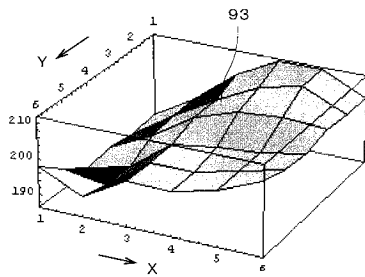
【図4.B】



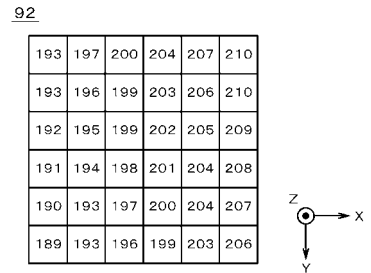
【図5】



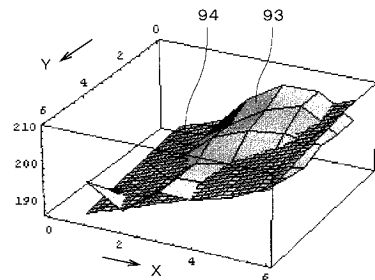
【図6】



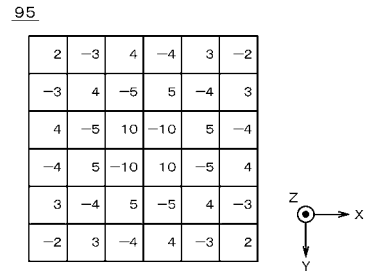
【図8】



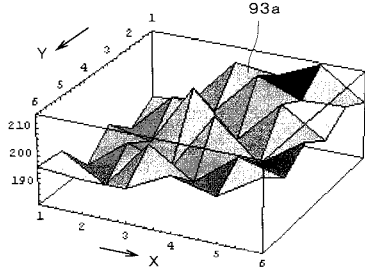
【図7】



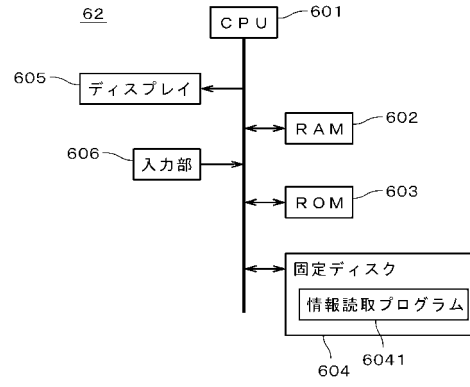
【図9】



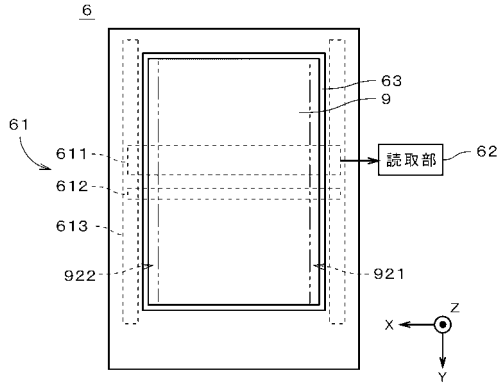
【図10】



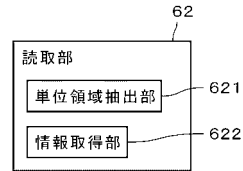
【図12】



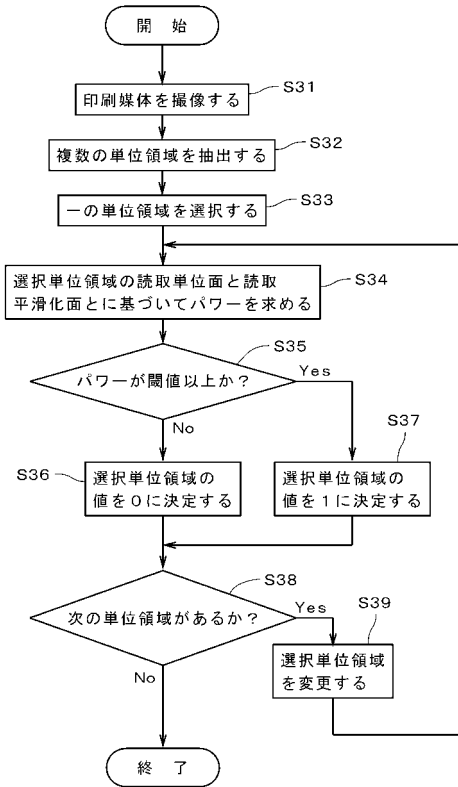
【図11】



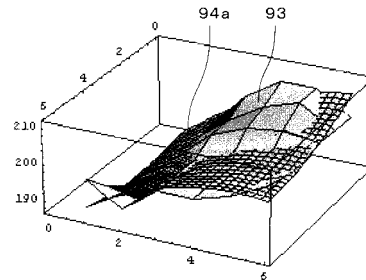
【図13】



【図14】



【図15】

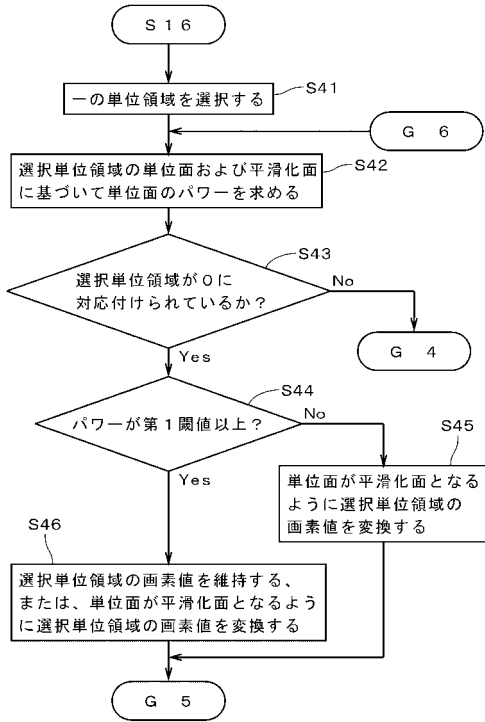


【図16】

92

190	197	203	207	210	211
188	195	201	205	207	208
188	194	199	203	205	206
188	194	199	202	204	204
189	195	199	202	203	203
190	196	200	202	203	203

【図 17 . A】



【図 17 . B】

