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

特許第4219547号
(P4219547)

(45)発行日　平成21年2月4日(2009.2.4)　(24)登録日　平成20年11月21日(2008.11.21)

(51)Int.Cl.		F I		
H04N 1/40	(2006.01)	H04N	1/40	Z
B41J 29/00	(2006.01)	B41J	29/00	Z
G03G 21/04	(2006.01)	G03G	21/00	552
G06T 7/00	(2006.01)	G06T	7/00	300F
		G06T	7/00	300D

請求項の数 2　(全 27 頁)

(21)出願番号　特願2000-322865 (P2000-322865)
(22)出願日　平成12年10月23日 (2000.10.23)
(65)公開番号　特開2001-186340 (P2001-186340A)
(43)公開日　平成13年7月6日 (2001.7.6)
審査請求日　平成16年10月8日 (2004.10.8)
(31)優先権主張番号　09/429515
(32)優先日　平成11年10月28日 (1999.10.28)
(33)優先権主張国　米国 (US)

前置審査

(73)特許権者　398038580
ヒューレット・パッカード・カンパニー
HEWLETT-PACKARD COMPANY
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト　ハノーバー・ストリート　3000
(74)代理人　100081721
弁理士　岡田　次生
(74)復代理人　100105393
弁理士　伏見　直哉
(72)発明者　レナト・ケシェット
イスラエル34334ハイファ、ディズレーリ　48エー

最終頁に続く

(54)【発明の名称】偽造検出方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

偽造行為を検出する方法であって、

入力画像を受け取るステップと、

偽造規制対象原稿画像の、比較の対象として予め定められた部分であるテンプレートとの一致、すなわちテンプレートマッチが起こりうる場所に対応した、前記入力画像の複数の部分を、回転不変な畳み込み特性を有する予め定められた畳み込みカーネルを使用して畳み込みを行うことによって投影し、少なくとも一つの画像特性に関する複数の投影値を生成するステップと、

偽造規制対象原稿画像のテンプレートの内の少なくとも一つを、前記畳み込みカーネルを使用して畳み込みを行うことによって得られた畳み込み値の許容範囲の最大値および最小値と、前記複数の投影値を比較して、前記入力画像の前記複数の部分から、前記偽造規制対象原稿画像のテンプレートの内の少なくとも一つに類似する前記入力画像の部分であるテンプレートマッチ候補を選択するステップと、

前記入力画像における前記テンプレートマッチ候補の相対位置と前記偽造規制対象原稿画像における対応するテンプレートの相対位置とを、一致するかどうか比較し、前記入力画像が、前記偽造規制対象原稿画像の複製であるかどうか判断するステップと、

前記入力画像が、前記偽造規制対象原稿画像の複製であるとの判断がされた場合に、信号を発信するステップとを含む方法。

【請求項２】

偽造防止システムであって、
偽造規制対象原稿画像の比較の対象として、ユーザによる入力にしたがって選択された部分である複数のテンプレートを、ユーザによる入力にしたがって選択された、回転不変な畳み込み特性を有する複数の畳み込みカーネルを使用して畳み込みを行うことによってテンプレートの畳み込み値を導出する訓練手段と、
テンプレートとの一致、すなわちテンプレートマッチが起こりうる場所に対応した、入力画像の複数の部分と前記複数の畳み込みカーネルのうちの少なくとも一つの畳み込みカーネルとから畳み込み値を求め、該畳み込み値と、前記少なくとも一つの畳み込みカーネルを使用して求めたテンプレートの畳み込み値との差を利用して入力画像が、前記偽造規制対象原稿画像に類似するかどうか検出する、前記訓練手段に接続された検出手段であって、前記偽造規制対象原稿画像の前記複数のテンプレートの内の一つに対応すると、前記検出手段によって検出された、前記入力画像の部分であるテンプレートマッチ候補の相対位置を、前記偽造規制対象原稿画像における対応するテンプレートの相対位置と、一致するかどうか比較するように構成された検出手段と、
前記入力画像が、前記偽造規制対象原稿画像に類似すると、前記検出手段によって判断された場合に信号を発信する、前記検出手段に接続された信号発信手段と、を備え、テンプレートマッチ候補の各々は、前記偽造規制対象原稿画像の前記複数のテンプレートの内の一つに対応すると、前記検出手段によって検出された前記入力画像の部分である、偽造防止システム。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
この発明は、一般的には画像処理に関係し、より具体的には、偽造から保護するため、制限文書（偽造規制対象原稿）の画像を検出するシステムおよび方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
紙幣のような制限文書の偽造は、世界中に広がった問題となっている。毎年、数え切れない量の偽造紙幣がわれわれの社会に流入している。歴史的にみると、偽造通貨の製造には、紙幣の複雑で詳細な模様を版に彫刻しなければならないため、熟練した技術者が必要だった。このような状況では、偽造に関わる犯罪者は比較的少数に限られていた。しかし、カラースキャンやカラープリントの技術の進歩に伴い、コピー機やスキャナを用いて、紙幣のような制限文書を偽造する能力を持つ者が多くなっている。コピー機やスキャナがより精巧かつ安価になるにつれ、それらの機械がなければ偽造文書を作成する手段を持たない者が、偽造目的でこれらの機械を使用しうるという深刻な脅威が存在するようになった。
【０００３】
この脅威に対応して、コピー機に組み込まれ、偽造行為を妨害する画像処理システムが複数開発されている。これらのシステムは、制限文書がコピー機を用いて複写されていることを認識し、偽造行為を検出するように動作する。認識は、スキャンした全体の画像と制限文書の全体の画像とを比較して行われるが、それは典型的には、前方線形たたみこみ計算により実行される。スキャンされた画像が制限文書の画像の一つと一致すると判断されると、コピー機はスキャンした画像のハードコピーを印刷しない。このような画像処理システムの例としては、Udagawa他の米国特許第5,363,202号およびTachikawa他の米国特許第5,659,628号に記載されている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
偽造行為を検出する既知の画像処理システムを使用するにあたっては、制限文書の画像を記憶しておくのに膨大なメモリスペースが必要になるという懸念がある。画像処理システムが、ある指定国のあらゆる有効な紙幣を検出しなければならないとすると、画像処理システムのスキャンした画像と制限文書の画像とを適正に比較するには、その国におけるす

べての紙幣の表裏両面の画像をコピー機に記憶しておく必要がある。記憶しておく必要のある画像は数としては限られているけれども、これらの画像は画像の比較が信頼できる程度の高解像度で記憶されるため、それに伴う十分な量のメモリを必要とする。また別の懸念として、比較作業に伴う高密度の処理のため、一つのスキャン画像の処理に要する時間が、実用上実施するには長くかかりすぎるということもありうる。

【０００５】

これらの懸念を考慮すると、偽造行為検出システムおよび方法として、検出速度および必要メモリの点から効率的なシステムおよび方法が必要とされている。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

偽造行為を防止するシステムおよび方法は、制限文書画像のうちの数カ所の部分、すなわちテンプレートのみを用いる画像検出方式を利用する。この画像検出方式は、非常に低い解像度で信頼に足る動作が可能であって、これにより画像の相関において小さなカーネルの使用が可能になり、また、実際に処理されるべき画素数を削減する。本システムは、潜在的な偽造行為を検出するために、コピー機、スキャナ、パーソナルコンピュータまたはプリンタのようなホストデバイスに組み込まれるよう設計されているので、検出された行為を防止および／または報告するための適切な行動を取ることができる。この画像検出方式により、システムは、必要メモリを最小化する一方、検出速度を増加させて動作することができる。

【０００７】

本偽造防御システムは訓練ユニットと画像検出ユニットとを含む。訓練ユニットは「オフライン」（規制対象原稿画像登録時）において訓練プロシージャを実行するべく構成されており、そのプロシージャの間、一つまたはそれ以上の入力制限文書画像のパラメータファイルが作成される。パラメータファイルは、入力制限文書画像の検出記述子を含んでいる。「オンライン」（コピー時）の画像検出プロシージャの間、偽造検出システムの画像検出ユニットは、パラメータファイルを使用し、所与の画像が入力制限文書の画像のうちの一つと細部まで類似しているかどうかを決定する。好ましい実施の形態では、訓練ユニットは、ホストデバイスに含まれない分離ユニットとなっている。

【０００８】

偽造防御システムの訓練ユニットは、訓練モジュールと記憶ユニットとを含む。記憶ユニットは従来のハードディスクドライブでも良い。訓練ユニットの訓練モジュールは、カーネル－テンプレートセレクタとテンプレートパラメータコンピュータとを含む。カーネル－テンプレートセレクタは、カーネルセレクタとテンプレートセレクタから構成される。カーネルセレクタは、ユニバーサルか、またはカスタマイズのどちらかのカーネルを選択するよう構成されている。同様に、テンプレートセレクタは、入力制限文書画像から、カーネル依存か、またはカーネル独立の、テンプレートを抽出するように構成されている。好ましい動作モードにおいては、ユニバーサルカーネルとカーネル依存テンプレートとを選択して、必要メモリを削減し、その一方、フォールスアラームの発生を最小化している。カーネルとテンプレートとが選択された後、テンプレートパラメータコンピュータは、投影値を導くために、テンプレートをカーネル上に投影する。導出された投影値は、テンプレートパラメータコンピュータにより使用され、多くの区間（インターバル）を定義し、それらの区間は、オンラインでの検出プロシージャ中に、画像検出ユニットにより使用される。その後、テンプレートパラメータコンピュータは、訓練ユニットの記憶ユニットに定義済みの区間を記憶する。これらの定義済みの区間は、パラメータファイル中に含まれる。パラメータファイルは、多数の入力パラメータ、選択したカーネルの係数、及び文書パラメータも含んでいる。

【０００９】

偽造防御システムの画像検出ユニットは検出モジュールと信号ユニットとを含む。画像検出ユニットの検出モジュールは、候補セレクタと幾何検査器（ベリファイヤ）を含んでいる。候補セレクタは、オンラインの検出プロシージャ中に、入力された画像を受け取り、

パラメータファイルにアクセスするよう構成されている。一つの実施形態として、偽造防御システムは読取り専用の記憶装置を含んでおり、その記憶装置は置換可能でも不可能でも良い。この実施形態においては、訓練ユニットにより生成されたパラメータファイルは、読取り専用の記憶装置に格納される。読取り専用記憶装置が置換可能ならば、読取り専用記憶装置で使用される記憶媒体を交換することで、パラメータファイルを、定期的に更新することが可能である。しかし、偽造防御システムは、読取り専用記憶装置を使わずに動作するよう構成されても良い。この構成においては、インターネットのような外部ソースから、パラメータファイルを画像検出ユニットの読取り／書込み可能なメモリにアップロードしても良い。

【００１０】

画像検出ユニットの候補セレクタは、線形マッチフィルタとスレショルダとから構成される。線形マッチフィルタは、オフラインでの訓練プロシージャ中に選択されたカーネル上に、入力画像の複数の部分を投影するように設計されている。得られた投影値は、スレショルダにより、パラメータファイルの定義済みの区間を用い、比較される。すべての区間との比較を満足した入力画像の部分は、テンプレートマッチ候補と宣言される。対応する制限文書画像のインデックスと同様に、これらのテンプレートマッチ候補の座標、テンプレート番号、及び推測された方向角度区間は、幾何検査器に転送される。幾何検査器は、入力画像中のテンプレートマッチ候補の相対座標と、入力制限文書画像のテンプレートの相対座標とを比較して、入力画像が制限文書の画像の複製であるかどうかを決定するように構成されている。テンプレートマッチ候補の相対位置が制限文書画像のテンプレートの相対位置と類似していたら、入力画像は制限文書画像の複製である、すなわち、入力画像は制限文書画像に一致すると決定される。

【００１１】

画像検出ユニットの信号ユニットは、入力画像が制限文書画像に一致するという肯定的な決定に応答して、信号を伝達するよう構成されている。システムを実現するホストデバイスに依存して、信号ユニットはホストデバイスの構成要素に信号を伝達するので、構成要素は、次に挙げる応答動作のうち一つまたはそれ以上を実行することができる。その応答動作とは、ホストデバイスに入力画像の印刷を禁止したり、ホストデバイスに、改変した画像を印刷するように指示したり、印刷画像にマーク（たとえば、画像全体に渡って重ね合わせた「Ｘ」マーク）を入れるように指示したり、記憶ユニットまたは他の複数の記憶媒体に、偽造が試みられたことを記録したり、偽造を試みたという情報を、指定しておいたセキュリティサイトに伝達すると言ったことである。

【００１２】

【発明の実施の形態】

図１には、本発明に合わせた偽造防御システム１０が示されている。図１中に表されているように、偽造防御システムは多くのホストデバイス、例えば、コピー機１２、スキャナ１４、パーソナルコンピュータ１６、プリンタ１８のようなホストデバイスに組み込むことが可能である。偽造防御システムはハードウェアおよび／またはソフトウェア上で実行することができ、それにより、偽造防御システムを実現するホストデバイスにより生成され、受け取られ、伝達され、または操作された制限文書の画像を検出する。制限文書とは紙幣や、株券や、小切手や、銀行券および他の貴重な文書でも良い。偽造防御システムは潜在的な偽造行為を検出するよう動作するので、検出された行為に応じた適切な行動を取ることができる。

【００１３】

図２を参照して、偽造防御システム１０は訓練ユニット２０と画像検出ユニット２２とを含む。訓練ユニットは、「オフライン」で訓練プロシージャを実行するよう構成され、一つまたはそれ以上の入力制限文書画像のパラメータファイルを生成する。パラメータファイルは制限文書画像の検出記述子を含む。このパラメータファイルは、偽造防御システムの画像検出ユニットに使用され、「オンライン」の画像検出プロシージャ中に、所与の画像の画像情報と、パラメータファイルに含まれる情報とを比較して、所与の画像が制限文

書に酷似しているかどうかを決定する。好ましい実施形態では、訓練ユニットは、ホストデバイスに含まれない独立した装置である。この実施形態では、訓練ユニットはパーソナルコンピュータまたはワークステーションでも良く、訓練ユニットの処理機能は、カスタマイズされたソフトウェアを用いて、コンピュータまたはワークステーションのＣＰＵにより実行される。

【００１４】

偽造防御システム１０の画像検出ユニット２２は、検出モジュール２４と、信号ユニット２６と、読取り書込み可能なメモリ２８と、読取り専用装置３０と、を含む。検出モジュールは、オンラインで画像検出プロシージャを実行して、所与の画像が制限文書画像の複製かどうかを決定する。オンラインの画像検出プロシージャは、システムの訓練ユニット２０により生成されたパラメータファイルを用いて、入力画像、例えば、スキャンされた画像を処理する行程を含み、入力画像が制限文書画像であるかどうかに関しての決定を返す。

【００１５】

画像検出ユニット２２の信号ユニット２６は、検出モジュール２４による肯定的な決定に応答して、入力画像が制限文書の画像であるという信号を伝達するよう構成されている。偽造防御システム１０を実現しているホストデバイスに依存して、信号ユニットはホストデバイスの構成要素に信号を伝達し、それにより、構成要素は、次に挙げる応答動作のうち、一つまたはそれ以上を実行することができる。その応答動作とは、ホストデバイスに入力画像の印刷を禁止したり、ホストデバイスに、改変した画像を印刷するように指示したり、印刷画像にマーク（たとえば、画像全体に渡って重ね合わせた「Ｘ」マーク）を入れるように指示したり、記憶ユニットまたは他の複数の記憶媒体に、偽造が試みられたことを記録したり、偽造を試みたという情報を、指定しておいたセキュリティサイトに伝達すると言ったことである。

【００１６】

画像検出ユニット２２の読取り書込み可能なメモリ２８は、パーソナルコンピュータで普通見られる、従来のハードドライブでも良い。好ましい機器構成では、画像検出ユニットは偽造防御システム１０を実現しているホストデバイスに含まれている外部記憶ユニットを使用しており、それによって画像検出ユニット中の読取り書込み可能なメモリを排除しても良い。画像検出ユニット２２の読取り専用記憶装置３０は、検出モジュール２４によりアクセス可能な、任意の不揮発性、または読取り専用メモリでも良い。読取り専用記憶装置は、パラメータファイルを記憶するために使用されるので、ホストデバイスのユーザがパラメータファイルを簡単に改変することはできない。読取り専用記憶装置は、読取り専用メモリ（ＲＯＭ）チップのような、置換不可能なユニットでも良い。あるいはまた、読取り専用記憶装置は、読取り専用のデータ記憶媒体、例えば、ＣＤ－ＲＯＭディスクまたはＤＶＤを用いる、取り外し可能な記憶装置のような、置換可能なユニットであっても良い。偽造防御システムの画像検出ユニットは、読取り専用記憶装置を用いずに動作するよう構成されても良い。このように構成した場合は、パラメータファイルは、インターネットのような外部ソースから読取り書込み可能メモリにアップロードされても良い。上述のすべての場合において、偽造防御システムが有効なまたは更新されたパラメータファイルにアクセスできない限り、ホストデバイスが動作しないことが前提となる。

【００１７】

図２中に示したように、偽造防御システム１０の訓練ユニット２０は訓練モジュール３２と記憶ユニット３４とを含む。画像検出ユニット２２の読取り書込み可能メモリ２８と同じく、記憶ユニットは従来のハードドライブでも良い。訓練ユニットの訓練モジュールは、一つまたはそれ以上の入力制限文書画像からパラメータファイルを計算するよう構成されている。訓練モジュール３２の構成要素は図３中に示されている。訓練モジュールはカーネル－テンプレートセレクタ３６とテンプレートパラメータコンピュータ３８を含む。カーネル－テンプレートセレクタはカーネルセレクタ４０とテンプレートセレクタ４２とから構成される。その名称から分かるように、カーネルセレクタは多数の（後に定義され

る）カーネルを選択するよう動作し、一方、テンプレートセレクタは多数の（後に定義される）テンプレートを選択するよう動作する。カーネルーテンプレートセレクタは、訓練ユニット２０の記憶ユニット３４に記憶されている多くのインプットパラメータを使用する。典型的なインプットパラメータを以下の表中に列記する。

【００１８】

【表１】

パラメータ	説明	好ましい値
I	制限文書画像の数	≤ 15
R_0	入力画像の解像度	50 dpi
L	画像毎のテンプレートの数	6
N	カーネルサイズ	7
R	削減率	7
K_{iso}	等方性カーネルの数	2
K_{non}	非等方性カーネルの数	2
C	色の数	3
S_t	テンプレート選択タイプ	カーネル依存
S_k	カーネル選択タイプ	ユニバーサル
F_M	局所最大フラグ	On
F_N	正規化フラグ	On
L_e	必要なテンプレートの数	5

【００１９】

テンプレートとは、入力制限文書画像から円状に抽出されたものである。入力制限文書画像とは、偽造行為を防御するために、システム１０により考慮されるべき、制限文書の画像である。テンプレートセレクタ４２により制限文書ごとに選択されるテンプレートの数は、インプットパラメータＬにて定義されている。画素数で表したテンプレートの直径は、積Ｎ・Ｒにより概算されるが、ＮとＲはインプットパラメータである。ＮおよびＲは固定値なので、テンプレートは、制限文書画像内における、その中心の位置により一義的に記述できる。テンプレートは画像内に完全に含まれていることが必要なので、それらの中心位置の軌跡は、画像領域を減縮したものになる。とりわけ、画像がａ×ｂの長方形中に存在する場合、中心の軌跡は、同心の（ａ－ＮＲ）×（ｂ－ＮＲ）の長方形になる。中心の軌跡は、本明細書中ではサーチウインドウと称される。実用的な理由から、サーチウインドウは、同心の（ａ－√２ＮＲ）×（ｂ－√２ＮＲ）の長方形として定義することができる。これは、テンプレートパラメータの計算中に、削減した（decimated）テンプレートを回転させた形（バージョン）の計算ができるようにするためであり、これはテンプレートパラメータコンピュータ３８により実行される。

【００２０】

カーネルとは、オンラインのプロシージャ中に検査されるべき入力画像との線形たたみこみ計算に使用する、Ｎ×Ｎ画素の画像であり、入力画像が制限文書画像の複製かどうかを決定するために用いられる。このようなたたみこみの結果は、オンラインの画像検出プロシージャ中に画像検出ユニット２２の検出モジュール２４によって分析される。カーネルはそれぞれ、できるだけ円に近いことが望ましい。カーネルには２つのタイプがある。等

方性及び非等方性である。等方性カーネル及び非等方性カーネルの数は、それぞれインプットパラメータK_{iso}、及びK_{non}により決定される。理想的には、等方性カーネルは、２次元の実関数であって、方向の角度に依存しない。つまり、同心のリングで構成される。後に説明されるように、サンプルされた関数はカーネルを導くのに使用され、等方性カーネルは、上述の理想概念に近いものとみなされる。これら等方性カーネルの主な要求特性は、等方性カーネル上に所与の円形画像の回転させた形すべてを（内積を用いて）投影したときに、結果が一定であることである（すなわち、回転角に依存しない）。このシステム１０で使用されているように、非等方性カーネルは以下の特性を満たす複素カーネルである。（ａ）非等方性カーネルと所与の円形画像の回転させた形との内積の絶対値が回転角に依存しないこと（等方性の特性の一般化）、および、（ｂ）上述の内積の位相が、回転角の倍数と一定値の和に等しいこと。等方性および非等方性カーネルの計算は、カーネルセレクタ３４に関連して、後に説明される。

【００２１】

カーネル－テンプレートセレクタ３６のカーネルセレクタ４０は、インプットパラメータS_kに依存して、ユニバーサルカーネルかカスタマイズドカーネルのどちらかを選択するよう構成されていても良い。ユニバーサルカーネルは、テンプレートに依存しないカーネルを言い、一方、カスタマイズドカーネルは選択したテンプレートの関数として選択される。インプットパラメータS_kが「ユニバーサルカーネル」にセットされると、カーネルセレクタのユニバーサルカーネル計算器４４が作動してユニバーサルカーネルを選択する。インプットパラメータS_kが「カスタマイズドカーネル」にセットされると、カーネルセレクタのカスタマイズドカーネル計算器４６が作動してカスタマイズドカーネルを選択する。同じように、カーネル－テンプレートセレクタのテンプレートセレクタ４２は、インプットパラメータS_tに依存して、カーネル依存テンプレートまたはカーネル独立テンプレートのどちらかを選択するように構成されていても良い。インプットパラメータS_tに依存して、テンプレートセレクタのカーネル依存テンプレート抽出器４８またはカーネル独立テンプレート抽出器５０が作動して、必要なカーネルを選択する。

【００２２】

カーネルセレクタ４０およびテンプレートセレクタ４２により実行されるカーネルとテンプレートの選択動作の順序は、カーネル計算器４４または４６のどちらが、また、テンプレート抽出器４８または５０のどちらが、それぞれカーネルおよびテンプレートを選択するかによる。以下の表は、カーネルセレクタおよびテンプレートセレクタのさまざまな構成における、カーネルおよびテンプレートの選択動作の順序で取り得るものを示している。

【００２３】

【表２】

	ユニバーサルカーネル	カスタマイズドカーネル
カーネル依存テンプレート	カーネルの選択が最初	テンプレートおよびカーネルの選択ステップが交互
カーネル独立テンプレート	ステップの順番には無関係	テンプレートの選択が最初

【００２４】

好ましい作動モードでは、カーネルセレクタ４０およびテンプレートセレクタ４２はユニバーサルカーネルおよびカーネル依存テンプレートを選択するよう構成されている。その理由は、ユニバーサルカーネルを使用すると、メモリを節約できる（同一セットのカーネルがすべてのテンプレートに使用される）からであり、また、カーネル依存テンプレートはカーネル独立テンプレート（フォールスアラームの発生を最小化する）より検出効率が高いからである。しかし、メモリが問題とならないのならば、カーネル依存またはカーネ

ル独立テンプレートのどちらを用いようと、カスタマイズドカーネルを使用するような、カーネルおよびテンプレート選択モジュールを構成していても良い。

【００２５】

以下に述べるのは、ユニバーサルおよびカスタマイズドカーネルの選択プロシージャであり、それぞれ、カーネルセレクタ４０のユニバーサルカーネル計算器４４およびカスタマイズドカーネル計算器４６により実行される。カーネル選択プロシージャに続いて、カーネル依存テンプレートを選択する２，３の簡単なプロシージャおよびカーネル独立テンプレートの選択する一つのプロシージャが続く。それらは、カーネル依存テンプレート抽出器４８およびカーネル独立テンプレート抽出器５０により、それぞれ実行される。

【００２６】

カスタマイズドカーネル選択プロシージャは、カーネルセレクタ４０のカスタマイズドカーネル計算器４６により実行されるが、それはまず初めに、テンプレートとカーネルが連続した像であるように記述される。テンプレートを$m(\rho,\theta)$としたとき、非負のすべての整数kに対する$m_k(\rho)$の値は、$k \in Z$とし、ρを０からテンプレートの半径に渡るすべての値とすると、次式を用いて計算される。

【数１】

$$\hat{m}_k(\rho) \triangleq \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} m(\rho,\theta)e^{-jk\theta}d\theta, \qquad (1)$$

このステップはフーリエ変換である。しかし、このステップは２次元変換ではなく、むしろ一連の１次元変換であり、それぞれがρの固定値に関係している。つまりそれぞれが、テンプレート内部の異なる「リング」に対応している。次に、固有値λ_kはすべての非負の整数kに対して、次式で計算される。

【数２】

$$\lambda_k \triangleq \frac{1}{2\pi}\int_0^{\infty} |\hat{m}_k(\rho)|^2 d\rho. \qquad (2)$$

得られた固有値λ_kは、回転させたテンプレートmの集合に対する固有値である。結果として、λ_k，$k=0,1,\ldots,$ はkの一次関数であり、すべてのkについて非負である。

【００２７】

最大の固有値の固有ベクトル$\psi_k(\rho,\theta)$はカーネルのセットであり、平均して、回転させたmの集合の任意の要素を最も良く近似している。さらに、あらゆるηに対して、それらは次の性質を備えている。

【数３】

$$|x(\rho,\theta-\eta)\cdot\varphi_k(\rho,\theta)| = \alpha_k, \qquad (3)$$

ただし、$x(\rho,\theta)$は任意の所与の画像、α_kはηに依存しない定数とする。言い換えれば、カーネル上に投影されたxの絶対値はxの方向ηに依存しない。これは$x=m$の場合にも当てはまるのは明らかである。加えて、次式も当てはまる。

【数４】

$$phase\{x(\rho,\theta-\eta)\cdot\varphi_k(\rho,\theta)\} = (\beta_k + k\eta), \qquad (4)$$

ここで、β_kはkにのみ依存する。

【００２８】

（３）と（４）の性質は、上述の、等方性および非等方性カーネルに必要とされる２つの性質に対応する。$x=m$のとき、$\alpha_k=\lambda_k$であり、これはすべての可能性のある投影カーネルに対する値の中での最大値である。これは最大の固有値に伴う固有ベクトルについての既知の特性である。

【００２９】
固有値λ_kが計算された後、k_{non+1}番目に大きい固有値に対するｋの値が選択される。普通、これはｋ＝０の場合を含む。しかし、ｋ＝０の場合を含まないのであれば、k＝０が選択され、λ_kのk_{non}番目に大きい値に対応するｋの値が選択される。選択された一連のｋのすべての値に対して、固有ベクトル$\psi_k(\rho,\theta)$が次式を用いて計算される。
【数５】

$$\varphi_k(\rho,\theta) = \hat{m}_k^*(\rho)\omega_k(\theta), \qquad (5)$$

ただし、$\omega_k(\theta)$は以下で定義する。
【数６】

$$\omega_k(\theta) \triangleq e^{-jk\theta}. \qquad (6)$$

【００３０】
計算された固有ベクトル$\psi_k(\rho,\theta)$のそれぞれは、一つの写像である。ｋのそれぞれの値（０は含まない）に対して、固有ベクトルは複素写像、すなわち実数部と虚数部とを有する。言い換えると、固有ベクトルは２つの写像、すなわち実数部に対応する写像と虚数部に対応する写像とからなっている。ｋ＝０に対しては、虚数部は０であり、結果として、対応する固有ベクトルは一つの実写像のみを含む。ｋ＝０に対応する固有値は、等方性カーネルである。ｋのほかの値に対応する固有値は、非等方性カーネルである。
【００３１】
実際には、変数ρおよびθは離散的であり、上述の式の離散型が使用されるべきである。この場合、０以外の固有値の数は有限であり、普通、取りうるθの値の数の順番になっている。加えて、カーネルは、インプットパラメータＲにより決定される、Ｒ：１の割合で縮小される（ダウンスケールされる）べきである。
【００３２】
要約すると、カスタマイズドカーネル選択プロシージャは、非０の固有値λ_kのすべてを計算するステップを初めに含み、カスタマイズドカーネルを導く。続いて、ｋ＝０および他のK_{non}番目に大きい固有値に対応する固有ベクトルψ_kが計算される。これらの固有ベクトルはＲにより数が減らされ、カスタマイズドカーネルに帰着する。
【００３３】
ユニバーサルカーネル選択プロシージャは、カーネルセレクタ４０のユニバーサルカーネル計算器４４により実行され、以下の式を使用してユニバーサルカーネルを得る。式（５）中、固有ベクトルは分離可能な関数であり、そこでは角要素$\omega_k(\theta)$は複素フーリエカーネルであり、テンプレートに依存しない。ユニバーサル非等方性カーネルは、これら固有ベクトルの角要素のみを考慮して得ることができる。等方性カーネルは、半径ρにのみ依存する任意の関数を計算して得ることができる。
【００３４】
ユニバーサルカーネル選択プロシージャは以下のようである。初めに、カーネルを半径$\rho_{max}\equiv(NR)/2$画素の円形の画像と仮定する。次に、$k=0,\ldots,K_{iso}-1$に対して、以下の等方性カーネルを構築する。
【数７】

$$\varphi_k(\rho,\theta) = \cos\left(\frac{2\pi k}{\rho_{max}}\rho\right), \qquad (7)$$

また、$k=K_{iso},\ldots,K-1$、ただし$K\equiv K_{iso}+K_{non}$に対して、以下の非等方性カーネルを構築する。
【数８】

$$\varphi_k(\rho,\theta) = e^{-j(k-K_{iso}+1)\theta}, \qquad (8)$$

最後に、これらのカーネルをＲによりダウンスケールし、Ｎ×Ｎ画素のウィンドウに収まるほぼ円形のカーネルを得る。

【００３５】

カーネル独立テンプレート選択プロシージャは、テンプレートセレクタ４２のカーネル独立テンプレート抽出器５０により実行されるが、入力された制限文書画像のサーチウインドウ（上で定義済み）内でランダムに点を選択するステップを含んでも良い。プロシージャは、代わりに、サーチウインドウ内でマニュアルで点を選択するステップを含んでも良い。あるいはまた、プロシージャは、サーチウインドウ内で等間隔の点を自動的に選択するステップを含んでも良い。

【００３６】

テンプレートセレクタ４２のカーネル依存テンプレート抽出器４８により実行されるカーネル依存テンプレート選択プロシージャは、一連の等方性および非等方性カーネルψｋ，ｋ＝1,...,Ｋ-1が前もって選択されていることを仮定する。また、Ｌ≧２であることを仮定する。次のＣライクの擬似コードは、カーネル依存テンプレート選択プロシージャを記述している。

【００３７】

【表３】

τ = select_templates(restricted_documents_images,kernels,input_parameters) {
for (i = 1, i ≤ I,i++) { /* For each restricted-document image */
Let τ_i be the list of templates for image i. Initially, τ_i is empty;
(e_1,e_R) = calculate_energy_images(image i,kernels);
/* (calculate_energy_images() is shown below).
/*e_1 is the energy image in the input resolution R_0,
/* and e_R is in the downscaled resolution R_0/R. */
if (F_M)
Find local maxima of e_R inside the search window.
Call them s_n, n = 1, . . . , M_s;
else
Mark all points in search window as local maxima (s_n) ;
Initialize τ_i with the best pair of local maxima (s_{n0}, s_{n1})
selected according to the criterion:

$$[e_R(s_{n0}) + W \cdot e_R(s_{n1})] \cdot dist(s_{n0},s_{n1}) \xrightarrow{n_0,n_1} \max,$$

where dist() is the Euclidean distance,
and W is a weighting constant (e.g., W = 0.8).
for (ℓ = 3, $\ell \le$ L,ℓ++) {
Add s_{n_ℓ} to τ_i, satisfying:

$$e_R(s_{n_\ell}) \cdot D(S_{n_\ell}) \xrightarrow{n_\ell} \max,$$

where:

$$D(s_{n_\ell}) \triangleq \min_{5 \in \tau_i} dist(s, s_{n_\ell}).$$

}
Replace each selected template point in τ_i by
the local maximum of the corresponding neighborhood in e_1;
/* I.e., return templates in the original resolution R_0,
/* instead of the downscaled resolution R_0 /R. */
}
}

【００３８】
上述のテンプレート選択アルゴリズムはエネルギー画像計算ルーチンおよびダウンスケールされた画像の形（バージョン）を計算するルーチンを含んでいる。その両方のルーチンは、以下のＣライクの擬似コードに記述されている。
【００３９】
【表４】

```
(e1,eR) = calculate_energy_images(x, kernels) {
    h ← Height of x; w ← Width of x;
    K ← Kiso + Knon;
    e1 ← A null image with the size h × w.
    eR ← A null image with the size ⌊h/R⌋ × ⌊w/R⌋.
    {xp,q} ← calculate_downscaled_versions (x, R);
        /* Described below.
        /* Produces R × R versions of x, downscaled R:1. */
    for (k = 1;k < K;k++) {
        φ̂k ← φk/|φk|; /* Normalize kernel. */
        for (p = 0; p < R;p++)
        for (q = 0; q < R;q++)
            for (c = 0; c < C;c++) {
                e_k^(c) ← The color plane c of x p,q, filtered by φ̂k .
                for (m = 0; m < h;m++)
                for (n = 0; n < w;n++) {
                    eR(m,n) += [e_k^(c)(m,n)]^2;
                    e1(Rm + p, Rn + q) += [e_k^(c)(m,n)]^2;
}}}}

{xp,j} = calculate_downscaled_versions (x, R) {
    h ← Height of x; w ←Width of x;
    x̂ ← x filtered by a R × R flat averaging filter.
    for (p = 0; p < R;p++)
    for (q = 0; q < R;q++)
        for (m = 0; m < h;m++)
        for (n = 0; n < w;n++)
            xp,q(m,n) ← x̂ (Rm + p, Rn + q); /*  Sample filtered image on a R × R
                                                grid, starting at pixel (p,q). */
```

【００４０】

カーネル依存テンプレート選択プロシージャの考え方は、等方性および非等方性カーネル$\psi_k, k=1,..,K-1$により定義される補助空間上で、最大のエネルギーを有するテンプレートであり、それぞれ互いに可能な限り離れているテンプレートを選択することである。インプットパラメータF_M（局所最大フラグ）が「オン」ならば、テンプレートは、対応する制限文書画像内で、上述したエネルギー関数の局所最大値である必要がある。カーネルーテンプレートセレクタ３６のカーネルセレクタ４０およびテンプレートセレクタ４２が適当なカーネルおよびテンプレートを選択した後、選択されたカーネルおよびテンプレートはテンプレートパラメータ計算器３８に伝達される。テンプレートパラメータ計算器はテンプレートパラメータを生成するべく動作するが、そのテンプレートパラメータは、オンラインの画像検出プロシージャ中に実行されるたたみこみ演算のしきい値として働く、区間の組み合わせで構成されている。

【００４１】

入力値F_N（正規化フラグ）は、区間が絶対値か正規値かを決定する。絶対区間は、正規

区間より選択幅が広いが、色への依存が大きい。すなわち、制限文書の色が、訓練スキャン画像と比較したときに、入力スキャン画像（システムがスキャナまたはコピー機の形で実現されていると仮定した場合）中で著しく異なっている場合、誤検出の起こる可能性がより高くなる。正規化区間はより好ましいモードである。なぜなら、システム１０がかなりの程度スキャナに依存しなくなるからである。他方、訓練プロシージャおよび画像検出プロシージャの両方について、固定スキャナまたはコピー機でシステム１０が使用されると仮定したなら、絶対区間モードも利用されうる。なぜなら、絶対区間を使用するとより感度が高くなるので、フォールスアラームの発生が低減すると期待されるからである。さらに、絶対区間モードの使用は、オンラインの画像検出プロシージャ中での実行の高速化につながると期待される。

【００４２】

区間の組み合わせは、以下のプロセスにより生成されるが、それはテンプレートパラメータコンピュータ３８により行われる。

【００４３】

（１）各々の制限文書画像のテンプレート一つ一つについて、Ｔ個の回転させた形が最初に生成される。回転した画像ｔ＝0,...,Ｔ-1のそれぞれは、３６０ｔ/Ｔ度の角度で回転させた、対応するテンプレートから構成される。Ｔの好ましい値は６４である。

【００４４】

（２）各々のテンプレートの回転した形一つ一つについて、Ｒ×Ｒ個のダウンスケールした形が生成されるが、それは、ダウンスケールした画像の形を計算するＣライクの擬似コード中で前述した、「caluculate_downscaled_version()」ルーチンを用いて生成される。カーネル依存テンプレート選択プロシージャ中に使用されている同じルーチンが、ここではテンプレートパラメータを計算するのに使用される。

【００４５】

（３）各々のＩ・Ｌ個のテンプレートのＴ・R^2個の回転されまたダウンスケールされた形一つ一つについて、Ｃ個のカラープレーンが一つずつ、$K=K_{iso}+K_{non}$個のカーネル上にそれぞれ投影される。結果として、Ｉ・Ｌ・Ｃ・Ｔ・R^2・Ｋ個の値ｖ(i,l,c,t,p,q,k)ができる。ただしi＝0,...,i-1、l＝0,...,L、c＝0,...,C-1、ｔ＝0,...,Ｔ-1,p,q+0,...,R-1、k＝0,...,K-1である。

【００４６】

（４）Ｉ・Ｌ個のテンプレートそれぞれに対して、以下のパラメータが計算される。

【００４７】

（ａ）F_Nがオンの場合のみ、Ｋ・Ｔ・R^2個の輝度値χ(i,l,k,t,p,q)を次式で計算する。

【数９】

$$\chi(i,\ell,k,t,p,q) \triangleq \sum_{c} |v(i,\ell,c,t,p,q,k)|. \qquad (9)$$

【００４８】

（ｂ）F_Nがオンの場合のみ、Ｋ個の輝度区間［$\chi_{min}(i,l,k)$, $\chi_{max}(i,l,k)$］を次式で計算する。

【数１０】

$$\chi_{min}(i,\ell,k) \triangleq \min_{t,p,q}\chi(i,\ell,k,t,p,q), \qquad (10)$$

【数１１】

$$\chi_{max}(i,\ell,k) \triangleq \max_{t,p,q}\chi(i,\ell,k,t,p,q). \qquad (11)$$

【００４９】

（ｃ）Ｋ・Ｃ個の色区間［$A_{min}(i,l,c,k), A_{max}(i,l,c,k)$］は次式で与えられる。

【数１２】

$$A_{min}(i,\ \ell,\ k,\ c) \triangleq \begin{cases} \min_{t,p,q} \dfrac{|v(i,\ \ell,\ c,\ t,\ p,\ q,\ k)|}{\chi(i,\ \ell,\ k,\ t,\ p,\ q)}, & \text{if } F_N \text{ is on} \\ \min_{t,p,q} |v(i,\ \ell,\ c,\ t,\ p,\ q,\ k)|, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (12)$$

【数１３】

$$A_{max}(i,\ \ell,\ k,\ c) \triangleq \begin{cases} \max_{t,p,q} \dfrac{|v(i,\ \ell,\ c,\ t,\ p,\ q,\ k)|}{\chi(i,\ \ell,\ k,\ t,\ p,\ q)}, & \text{if } F_N \text{ is on} \\ \max_{t,p,q} |v(i,\ \ell,\ c,\ t,\ p,\ q,\ k)|, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (13)$$

【００５０】

（ｄ）K_{non}・Ｃ個の角度区間［$\theta_{min}(i,l,c,k), \theta_{max}(i,l,c,k)$］は$k = K_{iso}, \ldots, K-1$に対して、次式で与えられる。

【数１４】

$$\theta_{min}(i,\ell,k,c) \triangleq \min_{t,p,q} \left[phase\{v(i,\ell,c,t,p,q,k)\} - \frac{2\pi t}{T} \right] / (k - K_{iso} + 1), \quad (14)$$

【数１５】

$$\theta_{max}(i,\ell,k,c) \triangleq \max_{t,p,q} \left[phase\{v(i,\ell,c,t,p,q,k)\} - \frac{2\pi t}{T} \right] / (k - K_{iso} + 1), \quad (15)$$

【００５１】

テンプレートパラメータが計算された後、テンプレートパラメータコンピュータ３８はパラメータファイルを作成する。パラメータファイルは、訓練ユニット２０の記憶ユニット３４に記憶されても良い。パラメータファイルは読取り専用装置３０を経由してシステム１０の画像検出ユニット２２に提供されるが、その読取り専用装置は、オンラインの画像検出動作をするため検出モジュール２４によりアクセス可能である。パラメータファイルは以下の情報を含むべきである。

【００５２】

（Ａ）インプットパラメータ。

（Ｂ）Ｋ個の選択されたカーネルの係数。代わりに、ユニバーサルカーネルを使用している場合には、他の手段、例えば、システム１０中に含まれるＲＯＭモジュール（図示されていない）により係数が検出モジュール２４に供されていれば、パラメータファイル中に係数を書き込まないようにもできる。

（Ｃ）区間。特に、$i=0,\ldots,i-1$、および$l=0,\ldots,L-1$に対して、

(i) F_Nがオンの場合のみ、輝度区間［$\chi_{min}(i,l,k), \chi_{max}(i,l,k)$］ただし、$k=0,\ldots,K-1$

（ii）色区間［$A_{min}(i,l,c,k), A_{max}(i,l,c,k)$］ただし、$c=0,\ldots,C-1$、$k=0,\ldots,K-1$

（iii）角度区間［$\theta_{min}(i,l,c,k), \theta_{max}(i,l,c,k)$］ただし、$c=0,\ldots,C-1$、$k=K_{iso},\ldots,K-1$

（Ｄ）下表に示されている、文書パラメータ。

【００５３】

【表５】

パラメータ	説明
D_i	制限文書ｉ中の最初の２つのテンプレートの中心間距離 $(\mathrm{dist}\{s_{n0}, s_{n1}\}, \text{for } s_{n0}, s_{n1} \in \tau_i)$.
α_i	ベクトル $(s_{n1} - s_{n0})$ と（正規化）水平軸の間の角度
$\{p_i(\ell)\}_{\ell=2}^{L-1}$	文書ｉから選択されたすべてのテンプレート（最初の２つは除く）の中心の文書座標

【００５４】
文書座標とは、制限文書内の所与の点の座標であり、その文書のために選択された最初の２つのテンプレート（$s_{n0}, s_{n1} \in \tau_i$）により定義される、２次元座標系に関連している。これを基に、s_{n0}を原点、ベクトル$s_{n1} - s_{n0}$を初めの軸方向と決める。それぞれの文書内のテンプレート（初めの２つを除く）の文書座標はパラメータファイルに書き込まれる。この代表値により、オンラインの画像検出プロシージャの幾何検査ステップの動作が効率的になる。幾何検査は、画像検出ユニット２２の検出モジュール２４に関連して、後で説明される。

【００５５】
オンラインの画像検出プロシージャ中の誤検出を低減するため、それぞれの区間は拡大されるのが好ましい。色、輝度、角度区間が、以下に述べる形で、おおよそそれぞれの中心の点に拡大されるとき、良い結果が得られる。

【００５６】
（ａ）カラー区間に対して
【数１６】

$$* [A_{min}(i, \ell, c, k=0) - 0.035, A_{max}(i, \ell, c, k=0) + 0.035].$$
$$* [A_{min}(i, \ell, c, k\neq 0) - 0.08, A_{max}(i, \ell, c, k\neq 0) + 0.08].$$

（ｂ）輝度区間に対して
【数１７】

$$* [\chi_{min}(i, \ell, k=0) - \Delta\chi_{min}, \chi_{max}(i, \ell, k=0) - \Delta\chi_{max}]$$

ただし、
【数１８】

$$\Delta\chi_{min} = \max(100, \chi_{min}(i, \ell, k=0)/4),$$
$$\Delta\chi_{max} = \max(100, 2\chi_{max}(i, \ell, k=0)).$$

【数１９】

$$* [\chi_{min}(i, \ell, k\neq 0) - \Delta\chi_{min}, \chi_{max}(i, \ell, k\neq 0) - \Delta\chi_{max}]$$

ただし、
【数２０】

$$\Delta\chi_{min} = \max(20, 0.4\chi_{min}(i, \ell, k\neq 0)),$$
$$\Delta\chi_{max} = \max(20, 3\chi_{max}(i, \ell, k\neq 0)).$$

（ｃ）角度区間に対して
【数２１】

* $[0.95\theta_{min}(i, \ell < 2, c, k), 1.05\theta_{max}(i, \ell < 2, c, k)]$.
* $[0.92\theta_{min}(i, \ell \geq 2, c, k), 1.08\theta_{max}(i, \ell \geq 2, c, k)]$.

【００５７】
テンプレートパラメータコンピュータ３８によりパラメータファイルが書き込まれ、記憶ユニット３４に記憶された後、訓練プロシージャは完了する。訓練プロシージャは、追加された制限文書画像が偽造防御システム１０により考慮されなければならない場合を除いて、一度だけ実行されれば良い。
【００５８】
オンラインの画像検出プロシージャは画像検出ユニット２２の検出モジュール２４により実行される。検出モジュールは、入力画像を分析し、入力画像が、オフラインの訓練プロシージャ中に訓練ユニット２０により処理された制限文書の画像のいずれかとマッチするか、すなわち酷似しているかどうかを決定するように動作する。検出モジュールは、図４に示されているように、候補セレクタ５２と幾何検査器５４とを含む。
【００５９】
検出モジュール３４の候補セレクタ５２は、読取り専用装置３０に格納されたパラメータファイルと、偽造防御システム１０により検査されるべき画像とを、入力として受け取る。入力画像は解像度R_0／Ｒであると仮定される。R_0とＲはパラメータファイル中に与えられている。あるいはまた、入力画像はより高い解像度で与えることもできる。このとき候補セレクタは、初めに入力画像を解像度R_0／Ｒにダウンスケールする必要がある。候補セレクタの出力はテンプレートの一致の起こりうる場所に対応した、入力画像内の座標のリストである。このリストは、推定方向角度区間と同様、対応する制限文書画像およびテンプレート番号を提供する。
【００６０】
候補選択プロシージャは、以下のＣライクの擬似コード中に記述されている。以下は、候補選択アルゴリズムのＣライクの擬似コードである。
【００６１】
【表６】

```
𝔏 = candidate_selection(x, parameters_file) {
        /* The resolution of the input image x is assumed to be R_0/R. */
        Let 𝔏 be the output list of candidates.  Initially, 𝔏 is empty.
        h ← Height of x; w ← Width of x;
        for (m = 0; m < h; m++)
        for (n = 0; n < w; n++) {
                if (F_M) loc_max ← 'Unknown';
                pass ← 'true';
                ν[k][c] ← 'null', for k = 0, . . . , K - 1 and c = 0, . . . , C - 1.
                for (i =0; (i<I) and (loc_max≠'false'); i++)
                for (ℓ=0; (ℓ<L) and (loc_max≠'false'); ℓ++) {
                    pass ← check_intervals (ν, A_min, A_max, χ_min, χ_max);
                        /* Described below */
                    if ((pass) and (F_M) and (loc_max == 'Unknown')) {
                        pass ← check_local_maximum (m,n);
                        local_max ← (pass ?  'true' : 'false');
                    }
                    if (pass) {
                        Δγ ← estimate_orientation_interval (ν, θ_min, θ_max);
                                /* Described below. */
                        Add to 𝔏: (i, ℓ, m, n, Δγ);
                    }
                }
            }
        }
```

【００６２】
以下は、候補選択アルゴリズム中に使用されている区間チェックルーチンを表すＣライクの擬似コードである。
【００６３】
【表７】

```
pass = check_intervals (v, A_min, A_max, χ_min, χ_max) {
        pass ← 'true';
        for (k = 0; (k < K) and (pass); k++) {
                if ( v[k][0] =='null')
                    {v[k][c]}_{c=0}^{C-1} ← calculate_values (x, m, n, φ_k);
                       /* Described below. */
                for (c = 0; (c < C) and (pass); c++)
                    pass ← (A_min(i, ℓ, k, c) ≤ v[k][c] ≤ A_max(i, ℓ, k, c) ? 'true' : 'false');
                if ((F_N == 'On') and (pass)) {
                    χ[k] ← Σ_{c=0}^{C-1} |v[k][c]|;
                    pass ← (χ_min (i, ℓ, k) ≤ χ[k] ≤ χ_max(i, ℓ, k) ? 'true' : 'false'));
                }
        }
        return pass;
}
```

【００６４】
以下は、区間チェックルーチン中に使用されている値計算のＣライクの擬似コードである。

【００６５】
【表８】

```
{v[k][c]}_{c=0}^{C-1} = calculate_values (x, m, n, φ_k) {
        for (c = 0;c < C;c++) {
                v[k][c] ← The inner product between φ_k and the
                        N × N block centered at (m, n), in the color-plane c of x;
        }
        if (F_N)
                for (c = 0; c < C;c++) {
                        v[k][c] ← v[k][c]/ (Σ_{c=0}^{C-1} | v[k][c]|);
                }
        }
        return {v[k][c]}_{c=0}^{C-1.}
}
```

【００６６】
以下は、区間チェックルーチン中に使用されている方向区間の推定を行うＣライクの擬似コードである。

【００６７】
【表９】

$\Delta\gamma$ = estimate_orientation_interval (ν, θ_{min}, θ_{max}) {

$k_0 \leftarrow K_{iso}$;

$c_0 \leftarrow$ Color plane c with minimum interval $\theta_{max}[k_0][c] - \theta_{min}[k_0][c]$;

$\gamma_{max} \leftarrow$ phase $\{\nu[k_0][c_0]\} - \theta_{min}[k_0][c_0]$;

$\gamma_{min} \leftarrow$ phase $\{\nu[k_0][c_0]\} - \theta_{max}[k_0][c_0]$;

return $\Delta\gamma = [\gamma_{min}, \gamma_{max}]$;

}

【００６８】

入力画像内のそれぞれの位置（ｎ、ｍ）に対して、候補セレクタ５２は、（ｎ、ｍ）を中心とするＮ×Ｎのブロックをチェックし、そのブロックがテンプレートマッチ候補かどうかを決定するよう動作する。この決定は、以下の方法で行われる。ブロックのカラープレーン（添え字ｃ）が、候補セレクタの線形マッチフィルタ５６により、等方性および非等方性カーネル（添え字ｋ）上に（内積により）投影される。結果として、投影値ｖ[ｋ][ｃ](m,n)が得られる。これらの値は、パラメータファイル中に与えられているすべての制限文書画像i＝0,...,i-1およびそれらのテンプレートｌ＝0,...,Lについて、候補セレクタのスレショルダ５８により、区間しきい値と比較される。正規化フラグがオンならば、初めに、カラー区間[A_{min},A_{max}]がチェックされ、続いて、輝度区間[χ_{min},χ_{max}]がチェックされる。局所最大フラグがオンの場合は、候補セレクタ５２のスレショルダ５８は、ブロックが以下で定義されるエネルギー関数eの局所最大値に対応するかどうかを決定するためのチェックも行う。

【数２２】

$$e(m, n) = \sum_{c=0}^{C-1} \sum_{k=0}^{K-1} |\nu[k][c](m, n)|^2. \qquad (16)$$

【００６９】

ブロックがパラメータ（i,l）のある組み合わせに対する前述のテストすべてを合格したなら、ブロックはテンプレートマッチ候補とみなされる。この場合、ブロックの方向区間Δγが推定され、マッチパラメータi,l,m,nおよびΔγがマッチリスト£に加えられる。このリストは、続いて検出モジュール２４の幾何検査器に渡される。

【００７０】

計算を節約するために、区間チェックはパイプライン方式で行われる。カーネルｋに対するカラーチェックは、一つ前のカーネルｋ－１に対するカラーチェックが合格した場合にのみ実行される。例えば、カーネルｋ＝１に対するカラーチェックは、ｋ＝０に対するカラーチェックが合格した場合にのみ行われる。輝度チェックは、ブロックがすべてのカラーチェックを合格した後にのみ行われる。カラーチェックと同様、輝度チェックも同じパイプライン方式で実行される。最後に、局所最大テストは、すべての前のテスト結果が正であったときにのみ行われる。記述された方法は、本明細書中で、排除アプローチと定義される。

【００７１】

リスト£が幾何検査器５４に渡される前に、画像ｘの全体が候補セレクタ５２によって分析される必要はない。好ましい実施形態では、リスト£の更新は、パイプライン方式で候補セレクタにより入力画像ｘのラインが新たに処理されるたびに、すぐに幾何検査器へと渡すことができる。

【００７２】

以下は、検出モジュール２４の候補セレクタ５２の動作に関する実用的な考察である。

【００７３】

（Ａ）投影値｛ｖ[ｋ][ｃ]｝はすべての画像iおよびテンプレートｌに対応する区間と比較されなければならない。しかし、ｖ[ｋ][ｃ]はiおよびｌに依存しない。これはそれぞ

れの位置(m,n)に対してただ一度だけ計算されなければならないことを意味している。上述の、候補選択の擬似コードは、この点に特別な配慮を払っている。

【００７４】

（Ｂ）同様に、局所最大テストは、それぞれの位置、すなわち、局所最大変数が依然「不知」にセットされている場合に限り、ただの一度だけ行われなければならない。さらに、テストの結果が負であれば（loc_maxが‘false’ならば）、アルゴリズムは次の位置(m,n)に直ちに移動する。なぜなら、局所最大はiおよびｌに依存しない要件だからである。

【００７５】

（Ｃ）方向区間の評価のＣライク擬似コード中で、方向は最初の非等方性（$k = K_{iso}$）カーネルのみに基づいて計算される。あるいは、他の非等方性カーネルに対する値が考慮されても良い。しかし、式（１４）および式（１５）中の（$k - K_{iso}+1$）による除算に対応するスペクトルの圧縮に対して特別の注意を払わなければならない。

【００７６】

検出モジュール２４の幾何検査器５４は、候補セレクタ５２により同定されるテンプレートマッチを検査するための最後のプロシージャを実行する。幾何検査器は以下の要求を満足する、リスト£中のL_e（インプットパラメータで定義）個のテンプレート候補の組み合わせをリスト£の中から探す。

【００７７】

（Ａ）すべてのL_e個の候補が、同じ制限文書ｉに対応している。

（Ｂ）L_e個の候補が、異なるテンプレート番号ｌを持っている。初めの２つのテンプレートl＝０およびl＝１がなければならない。

（Ｃ）初めの２つのテンプレート（その位置はそれぞれmおよびｎにより与えられる）の間の距離は、文書パラメータD_iとおおよそ一致しているべきである。

（Ｄ）ｌ≧２のテンプレートの文書座標は、パラメータファイル（$\{p_i(l)\}$）に与えられている座標と一致しているべきである。

（Ｅ）スキャンされた制限文書の方向は、すべてのテンプレートと一致しているべきである。特に、それはすべてのL_e個のテンプレートの方向区間$\gamma[\gamma_{min},\gamma_{max}]$に属しているべきである。

【００７８】

リスト£中のL_e個の候補の一セットが上述の要求事項を満足するならば、このセットは幾何検査器５４により文書オカレンスと宣言される。その意味は、入力された画像が制限文書画像の一つと一致したということである。文書オカレンスＯのリストはオンラインの画像検出プロシージャの最終出力である。あるいは、次に続く検査をリストの出力の前に行っても良いが、これは複数の検出を排除するためである。すなわち、２つの検出された制限文書が非常に似ている場合は、それらは合わせて一つの検出となる。

【００７９】

以下のＣライクの擬似コードは、検出モジュール２４の幾何検査器５４により実行される幾何検査プロシージャを記述している。

【００８０】

【表１０】

```
O = geometric_verification (𝔏, parameters_file) {
    for (all candidates s ∈ 𝔏 with ℓ == 0)
        for (all candidates r ∈ 𝔏 with ℓ == 1 and I[r] == I[s])
            if (|dist(s, r) - D_i| ≤ T_D) {
                γ_i = calc_orientation (r, s, α_i);
                    /* Described below. */
                if (γ_i ∈ Δγ[s])
                if (γ_i ∈ Δγ[r]) {
                    Template_count-2;
                    for (all candidates q ∈ 𝔏 with ℓ >1 and I[q] == I[s]) {
                        Check position of q in relation to the
                            document-coordinates p_i(ℓ).
                        if ((position offset ≤ T_P) and (γ_i ∈ Δγ[q]))
                            Template_count++;
                    }
                    if (Template_count≥L_e)
                        Add occurrence (s, r) to O.
                }
            }
}
```

【００８１】
上述のコード中に使用されているcalc_orientationルーチンは、以下の画像方向計算のＣライクの擬似コード中に示されている。

【００８２】
【表１１】

```
γ_i = calc_orientation(s, r, α_i) {
    result ← atan2(m[s] — m[r], n[r]) — α_i;
    return result;
}
```

【００８３】
幾何検査プロシージャを実用的に考察すると、£中の位置(m,n) は入力画像の正規座標中に与えられており、一方、文書パラメータｐ$_{i}$(l)は文書座標中に与えられているという事実がある。これらの座標を比較するためには、geometric_verificationルーチンにより要求されているように、座標のセットのそれぞれを他の座標系に変換しなければならない。好ましいアプローチは、位置ｐ$_{i}$(l)を正規化した入力画像座標系に変換することである。これは、(ｓ,ｒ)のペアそれぞれに対し一度だけ必要となるが、これにより、位置(ｍ,ｎ)を一つ一つの画像ｉの文書座標に変換するような他の手段に比較して、計算を節約することができる。Geometric_verificationルーチンでは、Ｔ$_{D}$およびＴ$_{P}$の好ましい値は１である。

【００８４】
検出ユニットおよび偽造防御システムにより実行される画像検出方法は、低い解像度で動作するための要求事項がないとはいえ、画像を非常に低い解像度で処理することができる

。動作する解像度は、パラメータ値Ｒに異なる値（例えば、７の代わりに、3または１など）をセットすることで調整できる。好ましいパラメータでは、動作解像度は約7dpiだが、これは極めて低い値である。画像は普通、およそ100dpiで表示され、300dpi以上で印刷される。7dpiの解像度においては、画像は非常に少ない数の画素しか持たないので、処理するデータの量は少なくて済む。加えて、このような解像度レベルで動作する能力があるので、この方法は小さいカーネル（好ましいパラメータにおいては７×７画素のカーネル）を使用して動作できる。実用的には、低い動作解像度および小さなカーネルの使用は、メモリ使用量の少なさ、また実行速度の高速化につながる。

【００８５】

低い解像度での動作には、以下のような利点もある。まず、アルゴリズムが、ペンによる書込みや目に見える折り目といった軽微の劣化に対して安定になる。なぜなら、これらの劣化は非常に低い解像度においては認識不可能だからである。さらに、画像が制限文書画像に「まさに一致して」いなくても、低解像度で制限文書に「類似して」いる画像をアルゴリズムが検出するという利点もある。これは、ある紙幣の正確な複製ではない偽紙幣を広めようとする偽造者もいるだろうから、利点となる。例を挙げると、数字の「１」の代わりに「１０」を含むドル紙幣とか、間違った大統領の肖像画を持ったドル紙幣などである。このような偽造紙幣は高解像度で動作するアルゴリズムによっては検出されないおそれがある。なぜなら、それは偽造紙幣ではないとみなされうるからである。

【００８６】

本発明に関連した偽造行為検出方法は図５および図６のとおりに記述される。図５は、オフラインの訓練プロシージャの流れ図であり、図６はオンラインの検出プロシージャの流れ図を示す。オフラインプロシージャを最初に説明する。

【００８７】

オフラインプロシージャは図５のステップ６０で始まり、そのステップでは、訓練ユニット２０の訓練モジュール３２が制限文書の画像を受け取る。ステップ６２および６４で、カーネルおよびテンプレートが、訓練モジュールのカーネルセレクタ４０およびテンプレートセレクタ４２により選択される。選択されたカーネルは、回転により変わらないたたみこみ特性を持っていることが望ましい。ステップ６２および６４の順序は、インプットパラメータS_kおよびS_tに依存して、変化しても良い。事実、ステップ６２および６４は、交互に実行されても良いし、繰り返されても良い。カスタマイズドカーネルおよびカーネル依存テンプレートが選択されている場合がこのようなケースである。さらに、インプットパラメータS_kおよびS_tは、選択されるカーネルおよびテンプレートのタイプを制御する。選択されたカーネルおよびテンプレートは、次に、ステップ６６からステップ６８の間でテンプレートパラメータを引き出すのに用いられる。初めに、ステップ６６で、制限文書のテンプレートがカーネル上に投影され、テンプレートの画像特性に関係する投影値を導く。続いて、ステップ６８で、投影値は、投影値の区間、すなわちテンプレートパラメータを定義するのに使用される。定義された区間は、ステップ７０で、訓練ユニット２０の記憶ユニット３４中に格納されても良い。

【００８８】

オンラインの画像検出プロシージャは図６のステップ７２で始まり、そのステップで、入力画像は画像検出ユニット２２の検出モジュール２４で取得される。入力画像を取得する方法は、偽造防御システム１０を実現するホストデバイスに依存する。一例として、ホストデバイスがコピー機である場合、入力画像は、コピーされている元の文書の画像である。ステップ７４中、入力画像の部分が候補セレクタ５２の線形マッチフィルタ５６により投影されるが、それはオフラインの訓練プロシージャ中に選択されたカーネルを用いて行う。得られた投影値は、オフラインのプロシージャ中に定義された区間を用いてしきい値処理されるが、それはステップ７６にて候補セレクタのスレショルダ５８により行われる。得られた入力画像の特定部分の投影値が、すべての適切な区間の内部にあるならば、その特定の部分はテンプレートマッチ候補とみなされる。テンプレートマッチ候補の座標は検出モジュールの幾何検査器５４に移される。ステップ７８で、テンプレートマッチ候補

は、幾何検査器によりテンプレートと幾何的に比較されて、入力画像が特定の制限文書の複製かどうかを決定する。入力画像が制限文書の複製であると決定されたときは、ステップ８０で、信号がある適切な目的地に伝達される。一例として、信号はホストデバイス内の構成要素に伝達され、ホストデバイスに入力画像の正確な複製を印刷するのを禁じる。他の例としては、信号はデバイス外のセキュリティサイトに伝送され、その行為を潜在的な偽造の試みとして記憶する。

【００８９】

本発明は、例として次の実施形態を含む。

（１）偽造行為を検出する方法であって、

複数のテンプレートおよび複数のカーネルからパラメータを導くステップ（６６および６８）であって、前記テンプレートは偽造行為から防護されるべき制限文書から選択された複数の部分からなり、前記カーネルは回転しても変わらないたたみこみ特性を備えているステップと、

投影値を導出するために前記カーネルを用い、前記入力画像の一部と、前記制限文書の前記テンプレートとを相関させ（７４）、前記投影値と前記パラメータとを比較する（７６）ことを含む、入力画像が前記制限文書に酷似しているかどうかを決定するステップ（７４，７６、および７８）とを有し、

前記投影値と前記パラメータとの前記の比較は、前記入力画像が前記制限文書と酷似しているかどうかの前記決定を行うための一要因である、偽造行為を検出する方法。

【００９０】

（２）上記（１）において、

前記入力画像中のテンプレートマッチ候補の対応する位置と、前記制限文書中の前記テンプレートの対応する位置とを幾何的に比較するステップ（７８）を含む、前記入力画像が前記制限文書に酷似しているかどうかを決定する前記ステップ（７４，７６、および７８）であって、

前記テンプレートマッチ候補は、それぞれ、前記制限文書の前記テンプレートの一つと相関のあることが予備的に決定される、前記入力画像の特定の部分である、上記（１）に記載の方法。

【００９１】

（３）上記（１）または（２）において、前記パラメータを導く前記ステップ（６６および６８）が、前記制限文書の前記テンプレートに特有の画像に関係する一つまたはそれ以上の区間値を定義するステップ（６８）を含む、上記（１）または（２）に記載の方法。

【００９２】

（４）上記（１）、（２）または（３）において、

前記パラメータを導出する前記ステップ（６６および６８）で使用される前記カーネルを選択するステップ（６２）と、

前記パラメータを導出する前記ステップで、前記カーネルとともに使用される前記テンプレートを選択するステップ（６４）と、

を有する、上記（１）、（２）または（３）に記載の方法。

【００９３】

（５）上記（４）において、

前記カーネルを選択する前記ステップ（６２）が、ユニバーサルカーネル（４４）とカスタマイズドカーネル（４６）とで構成されるグループから選択される特定のタイプの前記カーネルを計算するステップを含み、

前記ユニバーサルカーネルは前記テンプレートに対して独立であり、前記カスタマイズドカーネルは前記テンプレートに依存している、上記（４）に記載の方法。

【００９４】

（６）上記（５）において、

前記テンプレートを選択する前記ステップ（６４）が、前記制限文書から前記テンプレートを抽出するステップを含み、

前記テンプレートはカーネル依存テンプレート（４８）とカーネル独立テンプレート（５０）とを有するグループから選択されたタイプである、上記（５）に記載の方法。

【００９５】

（７）偽造防御のシステム（１０）であって、

取得した入力画像を処理するホスト装置（１２，１４，１６および１８）と、

複数のテンプレートおよび複数のカーネルからパラメータを導く訓練モジュールであって、前記テンプレートは制限文書画像から選択された部分であり、前記カーネルは回転しても変わらないたたみこみ特性を有している、訓練モジュール（３２）と、

前記パラメータを使用し、前記入力画像が前記制限文書画像と類似しているかどうかを決定する、前記訓練ユニットと機能的に結合された検出モジュール（２４）と、

前記検出モジュールによって前記入力画像が前記制限文書に酷似していると肯定的に決定されたときに信号を伝達する、前記検出モジュールと機能的に結合された信号ユニット（２６）と、

を含む、システム。

【００９６】

（８）上記（７）において、

前記検出モジュール（２４）が、前記入力画像中の少なくとも２つのテンプレートマッチ候補の対応する位置と、前記制限文書中の対応するテンプレートの対応する位置とを比較する検査器（５４）を含み、

前記テンプレートマッチ候補は、それぞれ、前記制限文書画像の前記テンプレートの一つと相関のあることが予備的に決定される、前記入力画像の一部である、上記（７）に記載のシステム。

【００９７】

（９）上記（７）または（８）において、

前記訓練モジュール（３２）が、前記複数の前記テンプレートおよびカーネルから前記パラメータを計算するプロセッサ（３８）を含み、

前記パラメータは、前記テンプレートに特有の画像に関係する区間値である、前記（７）または（８）に記載のシステム。

【００９８】

（１０）上記（７）、（８）または（９）において、

前記訓練モジュール（３２）が、ユニバーサルカーネルおよびカスタマイズドカーネルのうちから一つを選択するよう構成されているカーネルセレクタ（４０）を含み、

前記ユニバーサルカーネルは前記テンプレートに対して独立であり、前記カスタマイズドカーネルは前記テンプレートに依存している、上記（７）、（８）および（９）に記載のシステム。

【００９９】

（１１）上記（７）、（８）、（９）または（１０）において、前記訓練モジュール（３２）が、カーネル依存テンプレートおよびカーネル独立テンプレートのうちから一つを選択するよう構成されているテンプレートセレクタ（４２）を含む、上記（７）（８）、（９）または（１０）に記載のシステム。

【０１００】

（１２）上記（７）、（８）、（９）、（１０）または（１１）において、

前記検出モジュール（２４）が、前記入力画像をたたみこんで投影値を生成するよう動作する線形マッチフィルタ（５６）を含み、

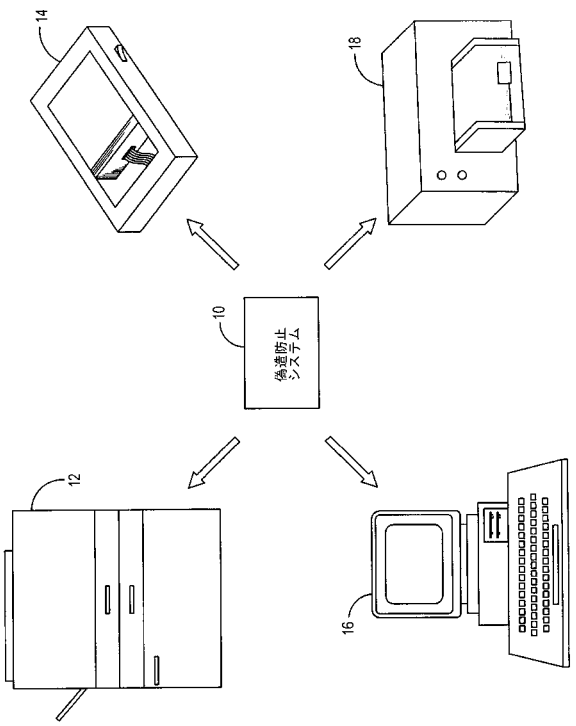
前記投影値は、前記入力画像の特定の部分がテンプレートマッチ候補であるかを決定するのに使用され、

前記テンプレートマッチ候補は、前記制限文書画像の前記テンプレートの一つと相関のあることが予備的に決定される、前記入力画像の一部分である、（７）、（８）、（９）、（１０）または（１１）に記載のシステム。

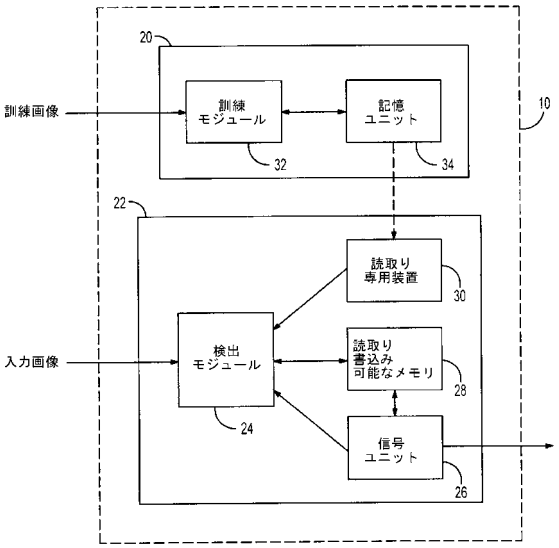
【図面の簡単な説明】

【図１】さまざまなホストデバイスにおいて実現可能である本発明に合わせた、偽造防御システムのブロック図。
【図２】図１の偽造防御システムの構成要素のブロック図。
【図３】図１の偽造防御システムに含まれる訓練モジュールの構成要素のブロック図。
【図４】図１の偽造防御システムに含まれる検出モジュールの構成要素のブロック図。
【図５】図３の訓練モジュールにより実行されるオフラインの訓練プロシージャの流れ図。
【図６】図４の検出モジュールにより第一に実行されるオンラインの画像検出プロシージャの流れ図。
【符号の説明】
１０　偽造防御システム
１２　コピー機
１４　スキャナ
１６　パーソナルコンピュータ
１８　プリンタ
２０　訓練ユニット
２２　画像検出ユニット
２４　検出モジュール
３２　訓練モジュール

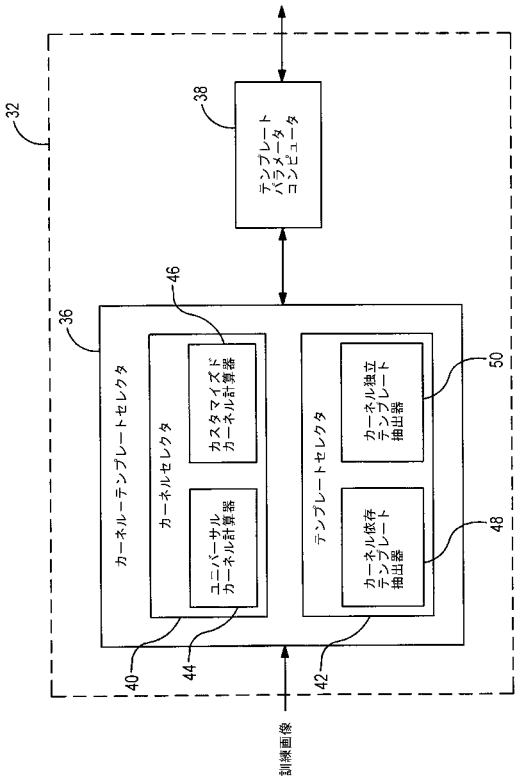
【図１】



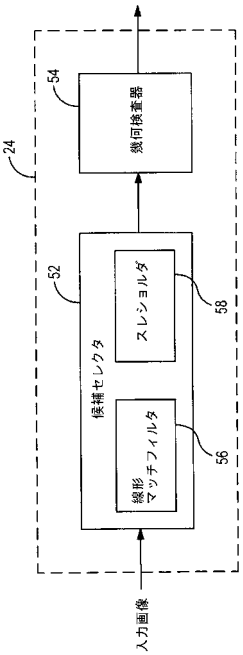
【図２】



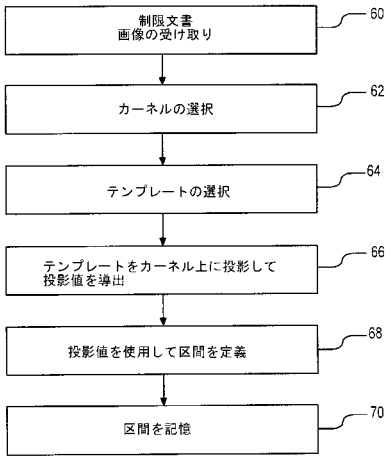
【図３】


32
38
テンプレート
パラメータ
コンピュータ
46
36
カーネル-テンプレートセレクタ
カーネルセレクタ
カスタマイズド
カーネル計算器
ユニバーサル
カーネル計算器
テンプレートセレクタ
カーネル独立
テンプレート
抽出器
50
カーネル依存
テンプレート
抽出器
48
40
44
42
訓練画像

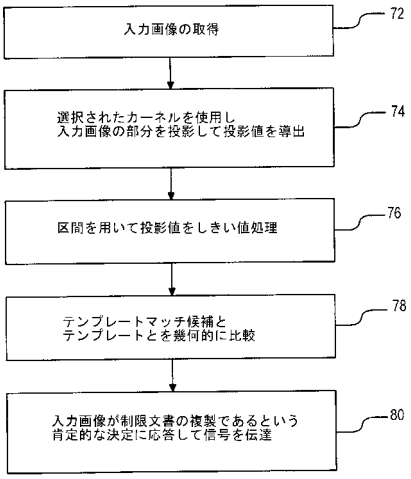
【図４】


24
54
幾何検査器
52
候補セレクタ
スレショルダ
58
線形
マッチフィルタ
56
入力画像

【図５】


制限文書
画像の受け取り
60
カーネルの選択
62
テンプレートの選択
64
テンプレートをカーネル上に投影して
投影値を導出
66
投影値を使用して区間を定義
68
区間を記憶
70

【図６】


入力画像の取得
72
選択されたカーネルを使用し
入力画像の部分を投影して投影値を導出
74
区間を用いて投影値をしきい値処理
76
テンプレートマッチ候補と
テンプレートとを幾何的に比較
78
入力画像が制限文書の複製であるという
肯定的な決定に応答して信号を伝達
80

フロントページの続き

(72)発明者　ドロン・シェィクトゥ
イスラエル３４３６１ハイファ、マプ・ストリート　１６エー

審査官　加内　慎也

(56)参考文献　特開平０７－０３０７４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２６８８５９（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１１４９９０（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１２６２５９（ＪＰ，Ａ）
特開平11-250260（ＪＰ，Ａ）
特開平9-134434（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04N1/40-1/409
H04N1/46
H04N1/60