(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3598651号
(P3598651)
(45)発行日　平成16年12月8日(2004.12.8)　(24)登録日　平成16年9月24日(2004.9.24)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G06T 7/00	G06T	7/00	300E
G06K 9/62	G06K	9/62	640A

請求項の数 13　(全 31 頁)

(21)出願番号	特願平8-120278
(22)出願日	平成8年5月15日(1996.5.15)
(65)公開番号	特開平9-54828
(43)公開日	平成9年2月25日(1997.2.25)
審査請求日	平成13年3月15日(2001.3.15)
(31)優先権主張番号	特願平7-141694
(32)優先日	平成7年6月8日(1995.6.8)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　000002945
オムロン株式会社
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
８０１番地
(74)代理人　100084962
弁理士　中村　茂信
(72)発明者　嶺　直道
京都府京都市右京区花園土堂町１０番地
オムロン株式会社内
(72)発明者　久森　芳彦
京都府京都市右京区花園土堂町１０番地
オムロン株式会社内

審査官　梅本　達雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】類似度算出装置及び方法ならびにこれを用いた位置検出装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

入力画像の各画素における濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求める濃度勾配方向算出手段と、この入力画像の濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）と、所定のモデルの対応する画素の濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）との間で、濃度勾配方向の差を評価する値ｆ｛Ｉθ（ｘ、ｙ）－Ｍθ（ｘ、ｙ）｝を求める濃度勾配方向評価値算出手段と、この評価値に、前記所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算することによって類似度を算出する手段とを備えた類似度算出装置。

【請求項２】

入力画像の各画素における濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求める濃度勾配方向算出手段と、この入力画像の濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）と、所定のモデルの対応する画素の濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）との間で、濃度勾配方向の差を評価する値ｆ｛Ｉθ（ｘ、ｙ）－Ｍθ（ｘ、ｙ）｝を求める濃度勾配方向評価値算出手段と、この評価値に、前記所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算する加算手段と、この重み付けされた加算値を重み合計で除算することにより類似度Ｒを算出する手段とを備えた類似度算出装置。

【請求項３】

前記差値の評価した値は、濃度勾配方向の差の余弦である請求項１又は請求項２記載の類似度算出装置。

【請求項４】

入力画像の各画素における濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求める濃度勾配方向算出手段と、この入力画像の濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）と、所定のモデルの対応する画素の濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）との間で、濃度勾配方向の差を評価する値ｆ｛Ｉθ（ｘ、ｙ）－Ｍθ（ｘ、ｙ）｝を求める濃度勾配方向評価値算出手段と、この評価値に、前記所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算する加算手段と、この重み付けされた加算値を重み合計で除算することにより類似度を算出する手段とを備えた類似度算出装置。

【請求項５】

入力画像の各画素について濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求め、所定のモデルの対応する画素間でモデルの濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）の差を評価した値を、所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けし、加算し、重み合計で除算することによって、２つの濃淡画像の類似度を算出することを特徴とする類似度算出方法。

【請求項６】

モデル画像を記憶するモデル画像記憶手段と、入力画像を記憶する入力画像記憶手段と、モデル画像を入力画像内で位置移動させる走査手段と、この走査過程でモデル画像と、その位置の入力画像との類似度を算出する請求項１、又は請求項２記載の類似度算出装置と、算出された類似度の最も高い入力画像の位置を、入力画像中におけるモデルの位置とする位置決定手段とを備えた位置検出装置。

【請求項７】

複数のモデル画像の各画素における濃度勾配方向を記憶する濃度勾配方向記憶手段と、前記複数モデル画像の各画素における濃度勾配強度を記憶する濃度勾配強度記憶手段と、前記濃度勾配方向から代表濃度勾配方向を算出する代表濃度勾配方向算出手段と、前記濃度勾配方向と前記濃度勾配強度から代表濃度勾配強度を算出する代表濃度勾配強度算出手段を備えた請求項１、請求項２又は請求項４記載の類似度算出装置。

【請求項８】

代表濃度勾配強度として、複数画像の濃度勾配方向と濃度勾配強度および複数画像の濃度勾配方向の平均から求めた代表濃度勾配方向から、濃度勾配強度の代表濃度勾配方向成分の相加平均を求めるものである請求項７記載の類似度算出装置。

【請求項９】

複数画像の濃度勾配方向から、濃度勾配方向の正弦の平均と余弦の平均を成分とするベクトルの長さを求め、その値と前記代表濃度勾配強度との積を新たな代表濃度勾配強度として求める請求項８記載の類似度算出装置。

【請求項１０】

予め複数の画像の各画素における濃度勾配方向を求める濃度勾配方向算出手段と、前記複数の画像の各画素における濃度勾配強度を算出する濃度勾配強度算出手段と、前記濃度勾配方向から代表濃度勾配方向を算出する代表濃度勾配方向算出手段と、前記濃度勾配強度から代表濃度勾配強度を算出する代表濃度勾配強度算出手段と、を用いてモデルデータを作成し記憶しておく記憶部と、入力画像の濃度勾配方向と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配方向との差、および入力画像の濃度勾配強度と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配強度との差を評価する値を求める代表濃度勾配評価値算出手段と、この評価値に前記所定のモデルデータより得られる濃度勾配強度で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算することによって類似度を算出する手段とを備えた類似度算出装置。

【請求項１１】

予め複数の画像の各画素における濃度勾配方向を求める濃度勾配方向算出手段と、前記複数画像の各画素における濃度勾配強度を算出する濃度勾配強度算出手段と、前記濃度勾配方向から代表濃度勾配方向を算出する代表濃度勾配方向算出手段と、前記濃度勾配強度から代表濃度勾配強度を算出する代表濃度勾配強度算出手段と、を用いてモデルデータを作成し記憶しておく記憶部と、入力画像の濃度勾配方向と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配方向との差、および入力画像の濃度勾配強度と前記モデルデータの対応

する各画素の代表濃度勾配強度との差を評価する値を求める代表濃度勾配評価値算出手段と、この評価値に前記所定のモデルデータより得られる濃度勾配強度で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算する加算手段と、この加算値を画素数で除算することによって類似度を算出する除算手段とを備えた類似度算出装置。

【請求項１２】

代表濃度勾配強度として、複数画像の濃度勾配方向と濃度勾配強度および複数画像の濃度勾配方向の平均から求めた代表濃度勾配方向から、濃度勾配強度の代表濃度勾配方向成分の相加平均を求めるものである請求項１０又は請求項１１記載の類似度算出装置。

【請求項１３】

複数画像の濃度勾配方向から、濃度勾配方向の正弦の平均と余弦の平均を成分とするベクトルの長さを求め、その値と前記代表濃度勾配強度との積を新たな代表濃度勾配強度として求める請求項１０又は請求項１１記載の類似度算出装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

この発明は、入力画像とモデルと類似度を算出する類似度算出装置及び方法並びにそれを用いた位置検出装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

従来、照明変動に対して影響の少ない濃淡画像同士の類似度を算出する方法として、正規化相互相関が知られている（画像解析ハンドブック、高木幹雄・下田陽久監修、東京大学出版会）。

この正規化相互相関を用いた従来の画像処理装置の構成を図２３に示す。この画像処理装置は、目的物を撮像するカメラ１と、撮影した画像をデジタル信号に変換するＡ／Ｄコンバータ２と、デジタル化された画像を記憶する画像メモリ３と、表示のためデジタル画像をアナログ信号に変換するＤ／Ａコンバータ４と、ＣＲＴディスプレイ５と、アドレス／データバス６と、タイミング制御部７と、入力画像の取込み、表示、類似度算出等の種々の処理、制御を実行するＣＰＵ８と、類似度算出のための画像データを記憶するメモリ９と、類似度算出部１０と、しきい値判定部１１とを備えている。

【０００３】

上記の類似度算出部１０は、図２４に示すように、共分散算出部１２と、標準偏差算出部１３と、積算部１４と、除算部１５とを備えている。

この画像処理装置において、カメラ１から出力されたアナログ映像信号はＡ／Ｄコンバータ２で、タイミング制御部７からのタイミング信号に同期して、Ａ／Ｄ変換された後、濃淡画像として画像メモリ３に記憶される。画像メモリ３に記憶された入力画像は、Ｄ／Ａコンバータ４を通じてアナログ信号に変換された後、ＣＲＴディスプレイ５に表示される。一方、類似度算出部１０において、画像メモリ３に記憶された入力画像と、予めメモリ９に記憶されているモデル画像との類似度が算出され、メモリ９に記憶される。メモリ９に記憶された類似度と予め設定されているしきい値との比較がしきい値判定部１１で行われ、ＯＫ／ＮＧの判定がされる。その結果は、メモリ９に記憶される。各モジュール間のデータの受け渡しは、アドレス／データバス６を通じて行われる。また、各モジュールの起動コマンド発行は、ＣＰＵ８により行われる。

【０００４】

類似度算出部１０では、モデル画像および入力画像の大きさを（ｍｘ、ｍｙ）とし、入力画像の濃度値をＩ（ｘ、ｙ）、モデル画像の濃度をＭ（ｘ、ｙ）とすると、類似度（ＣＣ）は、以下の式により算出される。

【０００５】

【数１】

$$CC = \frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{I(x,y)-\bar{I}\}\{M(x,y)-\bar{M}\}}{\sqrt{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{I(x,y)-\bar{I}\}^2}\sqrt{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M(x,y)-\bar{M}\}^2}}$$

ここで、

$$\bar{I} = \frac{1}{mx \times my}\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1} I(x,y)$$

$$\bar{M} = \frac{1}{mx \times my}\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1} M(x,y)$$

【０００６】
画像メモリ３に記憶されている入力画像の濃度値Ｉ（ｘ、ｙ）およびメモリ９に記憶されているモデル画像の濃度値Ｍ（ｘ、ｙ）が、アドレス／データバス６を通じて類似度算出部１０に取り込まれる。共分散算出部１２において、Ｉ（ｘ、ｙ）とＭ（ｘ、ｙ）の共分散

【０００７】
【数２】

$$\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{I(x,y)-\bar{I}\}\{M(x,y)-\bar{M}\}$$

【０００８】
が算出される。また、標準偏差算出部１３において、Ｉ（ｘ、ｙ）の標準偏差

【０００９】
【数３】

$$\sqrt{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{I(x,y)-\bar{I}\}^2}$$

および、Ｍ（ｘ、ｙ）の標準偏差

$$\sqrt{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M(x,y)-\bar{M}\}^2}$$

【００１０】
が算出される。積算部１４において、Ｉ（ｘ、ｙ）の標準偏差とＭ（ｘ、ｙ）の標準偏差の積

【００１１】
【数４】

$$\sqrt{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{I(x,y)-\bar{I}\}^2}\quad\sqrt{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M(x,y)-\bar{M}\}^2}$$

【００１２】
が算出される。除算部１５において、正規化相互相関値（ＣＣ）が算出され、モデル画像と入力画像の類似度としてメモリ９に記憶される。
【００１３】
【発明が解決しようとする課題】
上記した従来の正規化相互相関を求める手法は、濃度諧調の移動や伸縮の下で不変なマッチング方法である。しかし、シェーディングや背景変化等、モデル画像と入力画像との間に、線形変換関係が成り立たない場合においては、モデル画像と入力画像の共分散に対する各標準偏差の積の比が大きくなることにより、類似度が小さくなり、安定したパターン認識ができないといった問題点がある。例えば、図２５のように、モデル画像の背景の一部分が変化したような入力画像とモデル画像の類似度の計算を行うと、類似度は約０．６１となり、モデル画像同士の相関値１．０と比べた場合、かなり低下し、安定した認識が行えない。
【００１４】
この発明は上記問題点に着目してなされたものであって、モデル画像の背景の一部分が変化したような入力画像とモデル画像の類似度算出でも、精度良く結果を出し得る装置および方法を提供することを目的としている。
【００１５】
【課題を解決するための手段及び作用】
この出願の特許請求範囲の請求項１に係る類似度算出装置は、入力画像の各画素における濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求める濃度勾配方向算出手段と、この入力画像の濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）と、所定のモデルの対応する画素の濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）との間で、濃度勾配方向の差を評価する値ｆ｛Ｉθ（ｘ、ｙ）－Ｍθ（ｘ、ｙ）｝を求める濃度勾配方向評価値算出手段と、この評価値に、前記所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算することによって類似度
【００１６】
【数５】

$$R=\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M_W(x,y)\cdot f\{I_\theta(x,y)-M_\theta(x,y)\}\}$$

【００１７】
を算出する手段とを備えている。
また、請求項２に係る類似度算出装置は、入力画像の各画素における濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求める濃度勾配方向算出手段と、この入力画像の濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）と、所定のモデルの対応する画素の濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）との間で、濃度勾配方向の差を評価する値ｆ｛Ｉθ（ｘ、ｙ）－Ｍθ（ｘ、ｙ）｝を求める濃度勾配方向評価値算出手段と、この評価値に、前記所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算する加算手段と、この重み付けされた加算値を重み合計で除算することにより類似度Ｒ
【００１８】
【数６】

$$R = \frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\left[M_w(x,y)\cdot f\left\{I_\theta(x,y)-M_\theta(x,y)\right\}\right]}{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_w(x,y)}$$

【００１９】
を算出する手段とを備えている。
また、請求項３に係る類似度算出装置は、請求項１又は請求項２記載のものにおいて、評価した値は濃度勾配方向の差の余弦としている。
【００２１】
また、請求項４に係る類似度算出装置は、入力画像の各画素における濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求める濃度勾配方向算出手段と、この入力画像の濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）と、所定のモデルの対応する画素の濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）との間で、濃度勾配方向の差を評価する値ｆ｛Ｉθ（ｘ、ｙ）－Ｍθ（ｘ、ｙ）｝を求める濃度勾配方向評価値算出手段と、この評価値に、前記所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算する加算手段と、この重み付けされた加算値を重み合計で除算することにより類似度Ｒ
【００２２】
【数７】

$$R = \frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\left[M_w(x,y)\cdot f\left\{I_\theta(x,y)-M_\theta(x,y)\right\}\right]}{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_w(x,y)}$$

【００２３】
を算出する手段とを備えている。
また、請求項５に係る類似度算出方法は、入力画像の各画素について濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）を求め、所定のモデルの対応する画素間でモデルの濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）の差を評価した値を、所定のモデルより得られる濃度勾配強度M_W（ｘ、ｙ）で重み付けし、加算し、重み合計で除算することによって、２つの濃淡画像の類似度
【００２４】
【数８】

$$R = \frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\left[M_w(x,y)\cdot f\left\{I_\theta(x,y)-M_\theta(x,y)\right\}\right]}{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_w(x,y)}$$

【００２６】
を算出する。
請求項６に係る位置検出装置は、モデル画像を記憶するモデル画像記憶手段と、入力画像を記憶する入力画像記憶手段と、モデル画像を入力画像内で位置移動させる走査手段と、この走査過程でモデル画像と、その位置の入力画像との類似度を算出する請求項１、又は

請求項２記載の類似度算出装置と、算出された類似度の最も高い入力画像の位置を、入力画像中におけるモデルの位置とする位置決定手段とを備えている。

【００２７】

また、請求項７に係る類似度算出装置は、請求項１、請求項２又は請求項４に係るものにおいて、複数のモデル画像の各画素における濃度勾配方向を記憶する濃度勾配方向記憶手段と、前記複数モデル画像の各画素における濃度勾配強度を記憶する濃度勾配強度記憶手段と、前記濃度勾配方向から代表濃度勾配方向を算出する代表濃度勾配方向算出手段と、前記濃度勾配方向と前記濃度勾配強度から代表濃度勾配強度を算出する代表濃度勾配強度算出手段を備えている。

【００３０】

また、請求項８に係る類似度算出装置は、請求項７に記載のものにおいて、代表濃度勾配強度として、複数画像の濃度勾配方向と濃度勾配強度および複数画像の濃度勾配方向の平均から求めた代表濃度勾配方向から、濃度勾配強度の代表濃度勾配方向成分の相加平均を求めるものである。

また、請求項９に係る類似度算出装置は、複数画像の濃度勾配方向から、濃度勾配方向の正弦の平均と余弦の平均を成分とするベクトルの長さを求め、その値と請求項８の代表濃度勾配強度との積を新たな代表濃度勾配強度として求めるものである。

【００３１】

また、請求項１０に係る類似度算出装置は、予め複数の画像の各画素における濃度勾配方向を求める濃度勾配方向算出手段と、前記複数の画像の各画素における濃度勾配強度を算出する濃度勾配強度算出手段と、前記濃度勾配方向から代表濃度勾配方向を算出する代表濃度勾配方向算出手段と、前記濃度勾配強度から代表濃度勾配強度を算出する代表濃度勾配強度算出手段と、を用いてモデルデータを作成し記憶しておく記憶部と、入力画像の濃度勾配方向と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配方向との差、および入力画像の濃度勾配強度と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配強度との差を評価する値を求める代表濃度勾配評価値算出手段と、この評価値に前記所定のモデルデータより得られる濃度勾配強度で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算することによって類似度を算出する手段とを備えている。

【００３２】

また、請求項１１に係る類似度算出装置は、予め複数の画像の各画素における濃度勾配方向を求める濃度勾配方向算出手段と、前記複数画像の各画素における濃度勾配強度を算出する濃度勾配強度算出手段と、前記濃度勾配方向から代表濃度勾配方向を算出する代表濃度勾配方向算出手段と、前記濃度勾配強度から代表濃度勾配強度を算出する代表濃度勾配強度算出手段と、を用いてモデルデータを作成し記憶しておく記憶部と、入力画像の濃度勾配方向と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配方向との差、および入力画像の濃度勾配強度と前記モデルデータの対応する各画素の代表濃度勾配強度との差を評価する値を求める代表濃度勾配評価値算出手段と、この評価値に前記所定のモデルデータより得られる濃度勾配強度で重み付けする重み付け手段と、重み付けした評価値を加算する加算手段と、この加算値を画素数で除算することによって類似度を算出する除算手段とを備えている。

【００３３】

また、請求項１２、請求項１３に係る類似度算出装置は、いずれも請求項１０あるいは請求項１１のものにおいて、それぞれ請求項８、請求項９と同様の特徴を有するものである。

【００３４】

請求項１ないし請求項３に係る類似度算出装置では、濃度勾配方向の差を評価した値を加算することにより、２つの濃淡画像の類似度を算出する。濃度勾配方向は、背景部と対象部とからなるコントラストが変化した場合においても、値が同じであるという特徴がある。また、濃度勾配方向はマスク演算を用いて算出されるため、連続的に背景部分が変化する場合においても、局所的に見れば、背景部分は同じ濃度である。このため、濃度勾配方

向が変化しにくいという特徴がある。また、複雑背景上に対象が描かれている場合においても、背景変化の不連続な部分で濃度勾配方向がおかしくなるが、局所的に濃度勾配方向を算出しているため、画像全体には伝播しないという特徴がある。よって、シェーディングのように背景部の濃淡値が連続的に変化するようなパターンや、複雑背景のように背景部に不連続な部分はあるものの、その割合が少ないパターンにおいて、マークや文字の認識が可能になる。

【００３５】

請求項１、請求項２、請求項４、請求項５に係る類似度算出装置では、画素数あるいは重み合計値で除算するので、画素数や重み合計値が変化した場合においても、類似度の意味が変化せず、しきい値決めが簡単になる。

また、濃度勾配強度で重み付けをした相関値としているので、複雑背景のように背景が画像によって異なるようなパターンにおいても、マークや文字の認識が可能になる。

【００３７】

請求項３の類似度算出装置及び方法では、濃度勾配方向の差を評価した値を濃度勾配方向の差の余弦としているので、モデル画像と白黒反転した入力画像との類似度は－１となる。

請求項８、請求項９、請求項１０、請求項１１、請求項１２および請求項１３の類似度算出装置では、代表濃度勾配方向と代表濃度勾配強度を算出して類似度を求めるものであるから、無地の上にマークや文字等が明瞭に描かれたワークを用意できない場合でも、精度良く認識ができる。

【００３８】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態により、この発明をさらに詳細に説明する。

図１は、この発明の実施の形態１の画像処理装置の構成を示すブロック図である。この実施の形態装置は、図２３に示した従来の画像処理装置と同様のカメラ１、Ａ／Ｄコンバータ２、画像メモリ３、Ｄ／Ａコンバータ４、ＣＲＴディスプレイ５、アドレス／データバス６、タイミング制御部７、ＣＰＵ８、メモリ９、及びしきい値判定部１１を備える他、類似度算出部１０に代えて、濃度勾配方向算出部１６、濃度勾配強度算出部１７および類似度算出部１８を備えている。

【００３９】

上記類似度算出部１８は、図２に示すように、重み和算出部１９と、減算部２０と、方向差評価部２１と、積和演算部２２と、除算部２３とを備えている。

この実施の形態画像処理装置では、カメラ１から出力されたアナログ映像信号はＡ／Ｄコンバータ２で、タイミング制御部７からのタイミング信号に同期してＡ／Ｄ変換された後、画像メモリ３に記憶される。画像メモリに取り込まれた画像〔図４の（ａ）〕は、Ｄ／Ａコンバータ４を通じてアナログ信号に変換された後、ＣＲＴディスプレイ５に表示される。一方、画像メモリ３に取り込まれた画像は、濃度勾配方向算出部１６において入力濃度勾配方向〔図４の（ｂ）〕に変換され、メモリ９に記憶される。類似度算出部１８において、予め濃度勾配強度算出部１７および濃度勾配方向算出部１６において算出され、メモリ９に記憶されているモデル濃度勾配強度〔図３の（ｂ）〕と、モデル濃度勾配方向〔図３の（ｃ）および入力濃度勾配方向〔図４（ｂ）〕を用いて類似度が算出される。算出された類似度は、メモリ９に記憶される。メモリ９に記憶されている類似度と予め設定されているしきい値との比較がしきい値判定部１１で行われ、ＯＫ／ＮＧの判定がされる。その結果は、メモリ９に記憶される。各モジュール間のデータの受け渡しは、アドレス／データバス６を通じて行われる。また、各モジュールの起動コマンド発行は、ＣＰＵ８により行われる。

【００４０】

類似度算出部では、モデル濃度勾配方向とモデル濃度勾配強度および入力濃度勾配方向の大きさを（ｍｘ、ｍｙ）とし、モデル濃度勾配方向をＭθ（ｘ、ｙ）、モデル濃度勾配強度をM_W（ｘ、ｙ）、入力濃度勾配方向をＩθ（ｘ、ｙ）とすると類似度（Ｒ）は、以

下の式により算出される。

【００４１】

【数９】

$$R = \frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M_w(x、y)\cdot f(I\theta(x、y)-M\theta(x、y))\}}{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_w(x、y)}$$

【００４２】

ここで、入力濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）とモデル濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）の差値の評価値を濃度勾配方向の差の余弦とすれば、（請求項3）

ｆ（ω）＝ｃｏｓω

一例として、また、評価した値として、濃度勾配方向の差が０°を含む±４５°までの範囲内であれば１とし、±（４５°～１３５°）の場合は０とし、±（１３５°～１８０°）の場合は－１とし、

【００４３】

【数１０】

$$f(\omega)=\begin{cases}1 & \{(-45+360n)^\circ \leqq \omega \leqq (45+360n)^\circ\}\\ -1 & \{(135+360n)^\circ \leqq \omega \leqq (225+360n)^\circ\}\\ 0 & \{\text{otherwise}\}\end{cases}$$

（ｎは整数）

【００４４】

となる。

画像メモリ３に記憶されている入力濃度勾配方向をＩθ（ｘ、ｙ）およびメモリ９に記憶されているモデル濃度勾配強度をM_W（ｘ、ｙ）とモデル濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）が、アドレス／データバス６を通じて、類似度算出部１８に取り込まれる。重み和算出部１９において、モデル濃度勾配強度の合計値

【００４５】

【数１１】

$$\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_w(x、y)$$

【００４６】

が算出される。また、減算部２０において各画素の入力濃度勾配方向Ｉθ（ｘ、ｙ）とモデル濃度勾配方向Ｍθ（ｘ、ｙ）の差

【００４７】

【数１２】

$$I\theta(x、y)-M\theta(x、y)$$

【００４８】

が算出される。方向差評価部２１において、

【００４９】
【数１３】

$$f(I_\theta(x、y)-M_\theta(x、y))$$

【００５０】
が算出され、積和演算部２２において、
【００５１】
【数１４】

$$\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M_w(x、y)\cdot f(I_\theta(x、y)-M_\theta(x、y))\}$$

【００５２】
が算出され、除算部２３において、本実施形態に係る類似度が算出される。モデルは予め以下の手順で作成され、メモリ９に記憶されている。モデル画像をカメラ１より、Ａ／Ｄコンバータ２を通じて画像メモリ３に取り込む〔図３の（ａ）〕。モデル画像は、濃度勾配方向算出部１６においてモデル濃度勾配方向〔図３の（ｃ）〕に変換され、濃度勾配強度算出部１７においてモデル濃度勾配強度〔図３の（ｂ）〕に変換される。モデル濃度勾配方向とモデル濃度勾配強度は、メモリ９に記憶される。濃度勾配強度算出部１７においては、以下の式（Ｓｏｂｅｌオペレータ）により、濃度勾配強度が算出される。
【００５３】
【数１５】

$$M_w(x、y)=\sqrt{D_x(x、y)^2+D_y(x、y)^2}$$

ここで、

$$\begin{aligned}D_x(x、y)&=M(x+1、y-1)+2M(x+1、y)+M(x+1、y+1)\\&\quad-M(x-1、y-1)-2M(x-1、y)-M(x-1、y+1)\\D_y(x、y)&=M(x+1、y+1)+2M(x、y+1)+M(x-1、y+1)\\&\quad-M(x+1、y-1)-2M(x、y-1)-M(x-1、y-1)\end{aligned}$$

【００５４】
濃度勾配強度算出方法としては、グラジェント等のオペレータでも良い。濃度勾配方向算出部１６においては、以下の式（Ｓｏｂｅｌオペレータ）により、濃度勾配方向〔０°、３６０°〕が算出される。
Ｍθ（ｘ、ｙ）＝ａｔａｎ２（Ｄｘ、Ｄｙ）
ここで、ａｔａｎ２とは、Ｄｘ座標、Ｄｙ座標で表されるＤｘ－Ｄｙ座標の逆正接関数をさす（図５）。濃度勾配方向算出方法としては、Ｐｒｅｗｉｔｔオペレータ等の他のオペレータでも良い。
【００５５】
正規化相互相関が苦手とする図２５のパターンについて、本発明に係る手法を適用する。ただし、濃度勾配強度および濃度勾配方向の算出には、３×３のマスク演算を行っているため、図６の（ａ）および（ｂ）のように、モデル画像、入力画像ともに１画素の余白があるものとする。モデル濃度勾配方向および入力濃度勾配方向を上記手法を用いて算出すると、図６の（ｃ）および（ｄ）のようになる。また、モデル濃度勾配強度を上記手法を用いて算出すると、図６の（ｅ）のようになる。ここで、モデル濃度勾配方向についているＮＤというラベルは、Ｄｘ、Ｄｙともに０であったため、方向が不定となる画素を示し

ている。この画素の方向差評価は、ｆ（ω）＝０とする。入力濃度勾配方向とモデル濃度勾配方向の差を図６の（ｆ）に示す。ｆ（ω）＝ｃｏｓω、及び上記数値例を用いて、方向差の評価を行うと、図７の（ｇ）や（ｈ）のようになり、方向が不定の部分（ＮＤ）を除き、背景の濃度値の不連続な部分では値が小さくなる。しかし、それ以外では、背景と文字部のコントラストに影響されることなく、評価値が１に近くなっていることがわかる。請求項３に係るｆ（ω）を用いた場合の類似度は、約０．９２、請求項４に係るｆ（ω）を用いた場合の類似度は、約０．９４となり、正規化相互相関を用いた類似度（約０．６１）と比べても、評価値の低下が無いことがわかり、本発明に係る類似度算出法が背景変化に強いことがわかる。

【００５６】

この他、背景部にシェーディングがあるパターン（図８）においても、正規化相互相関による類似度は、約０．９１であるのに対し、本発明に係る類似度算出法においては、請求項３に係るｆ（ω）を用いた場合、約０．９８となり、本手法がシェーディングに対しても、有効であることが示された。

【００５７】

図９は、この発明の実施形態２の位置検出装置を示すブロック図である。この実施形態位置検出装置は、図１に示す画像処理装置の同一番号の構成部を備える他、さらに類似度算出部１８、しきい値判定部１１に代えて、照合位置検出部２４、重み和算出部２５、類似度算出部２６、および位置検出部２７を備えている。

【００５８】

類似度算出部２６は、図１０に示すように、減算部２０と、方向差評価部２１と、積和演算部２２と、除算部２３とを備えている。なお、除算部２３には、重み和算出部２５で算出された重み和がアドレス／データバス６を介して、加えられるようになっている。

【００５９】

この実施形態位置検出装置では、カメラ１から出力されたアナログ映像信号は、Ａ／Ｄコンバータ２で、タイミング制御部７からのタイミング信号に同期してＡ／Ｄ変換された後、画像メモリ３に記憶される。画像メモリ３に取り込まれた画像〔図１２（ａ）〕は、Ｄ／Ａコンバータ４を通じてアナログ信号に変換された後、ＣＲＴディスプレイ５に表示される。一方、画像メモリ３に取り込まれた画像は、濃度勾配方向算出部１６において、入力濃度勾配方向〔図１２の（ｂ）〕に変換され、メモリ９に記憶される。照合位置算出部２４において、モデルと入力画像との照合位置（ｉ、ｊ）（モデルの左上隅座標基準）が計算される。類似度算出部２６において、予め濃度勾配強度算出部１７および濃度勾配方向算出部１６において算出され、メモリ９に記憶されているモデル濃度勾配強度〔図１１の（ｂ）〕と、モデル濃度勾配方向〔図１１の（ｃ）〕および重み和算出部２５において算出され、メモリ９に記憶されているモデル濃度勾配強度の合計値を用いて類似度〔Ｒ（ｉ、ｊ）〕が算出される。算出された類似度と、その照合位置はメモリ９に記憶される。順次、照合位置算出部２４において（ｉ、ｊ）の値を変化させ、すべての可能な照合位置での類似度を算出する。なお、照合位置算出部２４において、探索終了のメッセージが返ってきた場合には、処理を位置検出部２７にうつす。メモリ９に記憶されている類似度の最大値と、予め設定されているしきい値との比較が位置検出部２７で行われ、ＯＫ／ＮＧの判定がされる。その結果は、メモリ９に記憶される。また、ＯＫの場合には、最大値の位置、即ちモデルと入力画像との照合位置（ｉｍａｘ、ｊｍａｘ）がメモリ９に記憶される。各モジュール間のデータの受渡しは、アドレス／データバス６を通じて行われる。また、各モジュールの起動コマンド発行は、ＣＰＵ８により行われる。

【００６０】

図１４に照合位置算出部の処理の流れを示す。予め定められた探索範囲（図１３）を（ｓｘ、ｓｙ）－（ｅｘ、ｅｙ）とする。初期値として（ｉ、ｊ）＝（ｓｘ－１、ｓｙ）が設定されているものとする。モデルが探索範囲に収まるように探索範囲の左上から右下に向かいモデルを走査し、モデルと入力画像との照合位置を求める。右下隅まで、照合が済むと位置検出部は探索終了の判定を返す。

【００６１】
類似度算出部においては、照合位置（ｉ、ｊ）での類似度Ｒ（ｉ、ｊ）が、以下の式により、算出される。
【００６２】
【数１６】

$$R(i,j)=\frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M_w(x,y)\cdot f(I_\theta(i+x,j+y)-M_\theta(x,y))\}}{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_w(x,y)}$$

【００６３】
なお、算出手順については、実施形態１と同様である。
また、本実施形態においても、実施形態１と同様に背景変化やシェーディングに対して、安定に認識できるという効果があげられる。
図１５は、この発明の実施形態３の刻印文字読み取り装置の構成を示すブロック図である。この実施例刻印文字読み取り装置は、基本構成は、図９の位置検出装置とほぼ同じであり、図９の位置検出装置と同一番号の構成部を有する他、さらに位置検出部２７に代えて、文字読み取り部２８を備えている。
【００６４】
この実施形態刻印文字読み取り装置では、カメラ１から出力されたアナログ映像信号は、Ａ／Ｄコンバータ２で、タイミング制御７からのタイミング信号に同期してＡ／Ｄ変換された後、画像メモリ３に記憶される。画像メモリ３に取り込まれた画像〔図１７の（ａ）〕は、Ｄ／Ａコンバータ４を通じてアナログ信号に変換された後、ＣＲＴディスプレイ５に表示される。一方、画像メモリ３に取り込まれた画像は、濃度勾配方向算出部１６において入力濃度勾配方向〔図１７の（ｂ）〕に変換され、メモリ９に記憶される。照合位置算出部２４において、モデルと入力画像との照合位置（ｉ、ｊ）（モデルの左上隅座標基準）が計算される。
【００６５】
各文字〔図１６の（ａ）〕毎に、モデル濃度勾配強度〔図１６の（ｂ）〕と、モデル濃度勾配方向〔図１６の（ｃ）〕が濃度勾配強度算出部１７におよび濃度勾配方向算出部１６において、予め算出され、メモリ９に記憶されている。また、各文字毎に、モデル濃度勾配強度の合計値が重み和算出部２５において算出され、メモリ９に記憶されている。類似度算出部２６において、モデル濃度勾配強度〔図１６の（ｂ）〕とモデル濃度勾配方向〔図１６の（ｃ）〕およびモデル濃度勾配強度の合計値を用いて、類似度〔Ｒ（ｉ、ｊ．ｍｏｄｅｌ）〕が算出される。算出された類似度〔Ｒ（ｉ、ｊ．ｍｏｄｅｌ）〕と、その照合位置（ｉ、ｊ）およびモデル名（ｍｏｄｅｌ）は、メモリ９に記憶される。順次（ｉ、ｊ）の値を変化させ、すべての可能な照合位置での類似度を算出する。これを読み取りを行うすべての文字について行う。
【００６６】
メモリ９に記憶されている類似度を用い、文字読み取り部２８において文字の読み取りが行われる。ある照合位置（ｉ、ｊ）でのすべてモデルに対する類似度の内、最大を示すモデルをｍｏｄｅｌ－ｍａｘとする。その類似度Ｒ（ｉ、ｊ、ｍｏｄｅｌ－ｍａｘ）が、予め設定され、メモリ９に記憶されているしきい値以上の場合、（ｉ、ｊ）の位置にモデル（ｍｏｄｅｌ－ｍａｘ）に対応する文字があるとの判定を行い、メモリ９に文字と位置を記憶する。これをすべての可能な（ｉ、ｊ）について行う。
【００６７】

各モジュール（構成部）間のデータの受け渡しは、アドレス／データバス６を通じて行われる。また、各モジュールの起動コマンド発行は、ＣＰＵ８により行われる。
照合位置算出部の処理は、実施形態２と同様である。
類似度算出部においては、あるモデル（ｍｏｄｅｌ）の照合位置（ｉ、ｊ）での類似度（ｉ、ｊ．ｍｏｄｅｌ）が以下の式により、算出される。
【００６８】
【数１７】

$$R(i,j,model)=\frac{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}\{M_{w,model}(x,y)\cdot f(I_{\theta}(i+x,j+y)-M_{\theta,model}(x,y))\}}{\sum_{x=0}^{mx-1}\sum_{y=0}^{my-1}M_{w,model}(x,y)}$$

【００６９】
なお、算出手順については、実施形態１と同様である。
刻印文字〔図１８の（ａ）〕の場合には、濃度勾配方向を見た場合、照明の方向により、同じ位置でも方向が１８０°ずれる可能性がある〔図１９の（ｆ）、（ｇ）〕。これは、照明の当り方によって、影の位置が異なるため〔図１８の（ｂ）、（ｃ）〕、画像の見え方が変化するためである〔図１８の（ｄ）、（ｅ）〕。これに対応するため、類似度の式の関数ｆ（ω）をｆ（ω）＝ｃｏｓ（２ω）とすれば、方向が１８０°ずれた場合にも、ｆ（ω）＝１となり、方向が同じであるように取り扱うことができる。即ち、ｆ（θ）＝ｆ（θ＋１８０）である。
【００７０】
例えば、図２０の（ａ）のモデル画像を用いて、照明の方向が異なる画像〔図２１の（ｄ）〕との類似度を求める場合、モデル濃度勾配方向〔図２１の（ｃ）〕と、入力濃度勾配方向〔図２１の（ｅ）〕の角度差は、照明の方向により１８０°となる〔図２２の（ｆ）〕。よって、類似度の式のｆ（ω）をｆ（ω）＝ｃｏｓ（２ω）とすることにより、ｆ（ω）の値が１．０となる〔図２２の（ｈ）〕。従って、類似度を計算すると、１．０となり、類似度の低下はない。一方、従来の手法を用いてモデル画像〔図２０の（ａ）〕と、入力画像〔図２１の（ｄ）〕の類似度を求めると、－０．８４となり、絶対値を取ったとしても０．８４となり、本発明に係る手法の優位性が示された。
【００７１】
上記図１～図２５で示した実施形態の類似度検出装置等の各装置では、無地の上にマークや文字等の対象が明瞭に描かれたワークを撮像し、各画素位置での濃度勾配方向と濃度勾配強度をモデルとして登録している。しかし、今ここで例として図２６のように透明シート上に印刷されたマークが、背景パターン上の様々な位置に重なり得るようなワークを考える。これらのワークを撮像したものが図２７の画像０～４である。画像０は無地の上にマークが重なっている。各画像の濃度勾配方向と濃度勾配強度は例えば図２８、図２９のようになる。図２８、図２９の濃度勾配方向において黒く塗りつぶされた箇所は方向が不定であることを意味する。
【００７２】
類似度算出の式を、
【００７３】
【数１８】

$$R = \frac{\sum_{x=0}^{mx-1} \sum_{y=0}^{my-1} \{ M_w(x, y) \cdot f(I\theta(x, y) - M\theta(x, y)) \}}{\sum_{x=0}^{mx-1} \sum_{y=0}^{my-1} M_w(x, y)}$$

【００７４】
とする。ここでモデル濃度勾配方向とモデル濃度勾配強度および入力濃度勾配方向の大きさをｍｘ×ｍｙとし、モデル濃度勾配方向をＭθ（ｘ、ｙ）、モデル濃度勾配強度をM_w（ｘ、ｙ）、入力濃度勾配方向をＩθ（ｘ、ｙ）とした。方向差を評価する関数ｆを
【００７５】
【数１９】

$$f(\omega) = \begin{cases} 1 & \{(-45+360n)^\circ < \omega < (45+360n)^\circ\} \\ -1 & \{(135+360n)^\circ < \omega < (225+360n)^\circ\} \\ 0 & \{(\text{otherwise})\ (n\text{は整数})\end{cases}$$

【００７６】
とする。
画像０のように無地の上にマークが重なったワークからモデルを作ると、入力が画像１のようにマークが背景パターン上に重なるようなワークでも、相関値Ｒは約０．９３である。これはモデル画像同士の相関値１．０と比べた場合にかなり近く、安定した認識が行える。
【００７７】
ところが、無地の上に対象が描かれたワークを用意できない場合に、背景パターン上に対象が描かれたワークから作成したモデルを用いて照合を行おうとすると、類似度が従来のモデルに比べて小さな値となり、認識の精度が悪くなるという問題点がある。例えば画像４からモデルを作ると、画像１との類似度は０．７４と小さくなり、安定した認識が行えない。
【００７８】
以上のような問題点があるために、無地の上に対象が描かれたワークを用意できない場合は、十分な性能が得られないことがわかる。
以下では、複数のワークを撮像した画像から１つのモデルを作成する手段を有することにより、無地の上に対象が描かれたワークを用意できなくても、十分な性能の得られる実施形態類似度算出装置について説明する。
【００７９】
図３０は、この発明の実施形態４の類似度算出装置のブロック図である。また、実施形態５の位置検出装置のブロック図を図３１に示す。図３０は図１の類似度算出装置に、図３１は図９の位置検出装置に、代表濃度勾配方向算出部２９と代表濃度勾配強度算出部３０を追加したものである。以下に代表濃度勾配方向算出部２９と代表濃度勾配強度算出部３０が、代表濃度勾配方向と代表濃度勾配強度の算出に必要な情報を得るまでの過程を説明する。
【００８０】
様々な背景パターンに対象が描かれたワークの画像が、カメラ１において撮像される。出力されたアナログ映像信号はＡ／Ｄコンバータ２で、タイミング制御部７からのタイミン

グ信号に同期してＡ／Ｄ変換された後、画像メモリ３に記憶される。前記手順によって、大きさｍｘ×ｍｙのモデル画像がＮ枚、画像メモリ３に記憶される。画像メモリ３に記憶されている画像ｉ（１≦ｉ≦Ｎ）の位置（ｘ、ｙ）（０≦ｘ≦（ｍｘ－１）、０≦ｙ≦（ｍｙ－１））における濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）は濃度勾配方向算出部１６において、濃度勾配強度M_w（ｉ、ｘ、ｙ）は濃度勾配強度算出部１７において算出される。濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）と濃度勾配強度M_w（ｉ、ｘ、ｙ）はメモリ９に記憶される。位置（ｘ、ｙ）の代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）は、Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）に基づいて、代表濃度勾配方向算出部２９において算出される。また、位置（ｘ、ｙ）の代表濃度勾配強度M_{wp}（ｘ、ｙ）は、Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）とM_w（ｉ、ｘ、ｙ）に基づいて、代表濃度勾配強度算出部３０において算出される。

【００８１】

図３２は代表濃度勾配方向と代表濃度勾配強度の算出を、モデル画像中のすべての位置（ｘ、ｙ）（０≦ｘ≦（ｍｙ－１）、０≦ｙ≦（ｍｙ－１））において行うことを示すフロー図である。先ず、変数ｘ、ｙを０とし（ＳＴ１１）、次に、各位置における代表濃度勾配方向や代表濃度勾配強度を求める処理（フロー図３３～３６）を行い（ＳＴ１２）、変数ｘを１インクリメントするとともに（ＳＴ１３）、この変数がｍｘに達するまで、ＳＴ１２、ＳＴ１３の処理を繰り返す。ｘ＝ｍｘとなると、ＳＴ１４の判定がＮＯとなり、今度はｙを１インクリメントとし、ｘを０とし（ＳＴ１６）、ＳＴ１２に戻り、再びＳＴ１２、ＳＴ１３の処理をｘ＝ｍｘとなるまで繰り返す。ｘ＝ｍｘとなると、再度変数ｙを１インクリメントする。そして、ｙ＝ｍｙ－１となるまで、上記ＳＴ１１～ＳＴ１６の処理を繰り返す。

【００８２】

別例に係る代表濃度勾配方向算出部２９のフロー図を図３３に示す。ここでは、先ず、変数αを０、変数βを０、変数ｉを１とし、初期設定し（ＳＴ２１）、次にＭθ（ｉ、ｘ、ｙ）≠方向不定か？を判定する（ＳＴ２２）。不定でなければ、α＝α＋ｃｏｓＭθ（ｉ、ｘ、ｙ）、β＝β＋ｓｉｎＭθ（ｉ、ｘ、ｙ）の演算を行う（ＳＴ２３）。次に、変数ｉを１インクリメントし（ＳＴ２４）、変数ｉがＮを越えるまで（ＳＴ２５）、ＳＴ２２～ＳＴ２４の処理を繰り返す。ＳＴ２５の判定がＹＥＳとなると、α＝α／Ｎ、β＝β／Ｎの演算を行う（ＳＴ２６）。ステップＳＴ２６において、αの値は濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の余弦の平均、βの値は濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の正弦の平均となる。すなわち、

【００８３】

【数２０】

$$\alpha = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\cos M\theta(i、x、y),\quad \beta = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sin M\theta(i、x、y)$$

【００８４】

濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の値が不定の時には、ＳＴ２２においてその判定が行われ、ＳＴ２３をスキップし、ＳＴ２３での加算は行われない。（$\alpha^2+\beta^2$）の平方根は濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）間のばらつきが大きいほど、その値は小さくなるので、注目画素（ｘ、ｙ）における濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の安定性の指標となる。α、βの値に基づいて、代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）は、

【００８５】

【数２１】

$$M\theta_p(x、y)=\begin{cases}\text{方向不定}\ (\sqrt{\alpha^2+\beta^2}<\delta\ \text{のとき})\\ \operatorname{atan2}(\alpha、\beta)\ (\text{otherwise})\end{cases}$$

【００８６】
となる。ここでδはあらかじめ設定されたしきい値である。ａｔａｎ２（Ｘ、Ｙ）とは、Ｘ座標、Ｙ座標で表されるＸ－Ｙ座標の逆正接関数をさす（図５）。
請求項９に係る代表濃度勾配強度算出部３０のフロー図を図３４に示す。ここでは、代表濃度勾配強度を算出するのに、先ず、変数M_1を０とし、変数ｉを１とし（ＳＴ３１）、$M_1=M_1+M_W$（ｉ、ｘ、ｙ）の演算を行い（ＳＴ３２）、さらに変数ｉを１インクリメントし（ＳＴ３３）、変数ｉがＮになるまでＳＴ３２、ＳＴ３３の処理を繰り返す。そして、ＳＴ３４でｉ＝Ｎとなると、代表濃度勾配強度M_{WP1}（ｘ、ｙ）：（M_{WP1}（ｘ、ｙ）$=M_1\div N$）を算出する。代表濃度勾配強度M_{WP1}（ｘ、ｙ）は、濃度勾配強度M_W（ｉ、ｘ、ｙ）の相加平均、
【００８７】
【数２２】

$$M_{wp1}(x、y)=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}M_w(i、x、y)$$

【００８８】
となる。
請求項１０に係る代表濃度勾配強度算出部３０のフロー図を図３５に示す。ステップＳＴ４６においてＮＯと判定された時、M_2の値は、大きさが１、向きが代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）のベクトルと、大きさが濃度勾配強度M_W（ｉ、ｘ、ｙ）、向きが濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）のベクトルとの内積和、
【００８９】
【数２３】

$$M_2=\sum_{i=1}^{N}[M_w(i、x、y)\times\{\cos M\theta(i、x、y)\times\cos M\theta_p(x、y)+\sin M\theta(i、x、y)\times\sin M\theta_p(x、y)\}]$$

【００９０】
となる。濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の値が不定の時には、ステップＳＴ４２においてその判定が行われ、ステップＳＴ４３、ＳＴ４４の処理は行われないでスキップされ、ＳＴ４５に移る。代表濃度勾配強度M_{wp2}（ｘ、ｙ）は、M_2とＮとの商、
【００９１】
【数２４】

$$M_{wp2}\ (x、\ y) = M_2 \div N$$

【００９２】
となる（ＳＴ４７）。代表濃度勾配強度M_{WP2}（ｘ、ｙ）には、濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）が代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）から離れるほど、濃度勾配強度M_W（ｉ、ｘ、ｙ）の寄与が小さくなるという性質がある。
請求項１１に係る代表濃度勾配強度算出部３０のフロー図を図３６に示す。ステップＳＴ５８において、αの値は濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の余弦の平均、βの値は濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の正弦の平均となる。すなわち、
【００９３】
【数２５】

$$\alpha = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\cos M\theta(i、x、y),\quad \beta = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sin M\theta(i、x、y)$$

【００９４】
となる。またM_3の値は、大きさが１、向きが代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）のベクトルと、大きさが濃度勾配強度M_w（ｉ、ｘ、ｙ）、向きが濃度勾配強度Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）のベクトルとの内積和の平均、
【００９５】
【数２６】

$$M_3 = \sum_{i=1}^{N}[M_w(i、x、y)\times\{\cos M\theta(i、x、y)\times\cos M\theta_p(x、y) + \sin M\theta(i、x、y)\times\sin M\theta_p(x、y)\}]$$

【００９６】
となる。濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の値が不定の時には、ステップＳＴ５２においてその判定が行われ、ＳＴ５３、ＳＴ５４、ＳＴ５５の処理は行われない。代表濃度勾配強度M_{wp3}（ｘ、ｙ）は、M_3と、濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）の安定性の指標となる（$\alpha^2+\beta^2$）のルートの積になる。
【００９７】
【数２７】

$$M_{wp3}\ (x、y) = M_3 \times \sqrt{\alpha^2+\beta^2}$$

【００９８】

となる。代表濃度勾配強度M_{wp3}（ｘ、ｙ）には、濃度勾配方向Ｍθ（ｉ、ｘ、ｙ）がばらついているほど、その値が小さくなるという性質がある。
以下に前記の代表濃度勾配方向と代表濃度勾配強度を図２７の画像１～４から算出し、画像１との類似度を示す。なお代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）と、代表濃度勾配強度をM_{wp3}（ｘ、ｙ）の算出の際のしきい値δは、０とした。

【００９９】
画像１～４から代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）、代表濃度勾配強度をM_{wp1}（ｘ、ｙ）を求めると図３７、図３８のようになる。このモデルと画像１との類似度を算出すると約０．８９になる。
画像１～４から代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）、代表濃度勾配強度をM_{wp2}（ｘ、ｙ）を求めると図３９のようになる。このモデルと画像１との類似度を算出すると約０．８９になる。

【０１００】
画像１～４から代表濃度勾配方向$M\theta_p$（ｘ、ｙ）、代表濃度勾配強度をM_{wp3}（ｘ、ｙ）を求めると図４０のようになる。このモデルと画像１との類似度を算出すると約０．９７になる。
いずれの場合も、画像０と画像１との類似度（約０．９３）に近いため、安定した認識が可能となる。

【０１０１】
以上のように、本発明に係るモデル作成手法によって、無地の上にマークや文字が描かれたワークを用意できない場合でも、モデルを作ることができる。

【０１０２】
請求項１、請求項２、請求項４及び請求項５に係る発明によれば、濃度勾配方向の差を評価した値を加算することにより、２つの画像の類似度を算出するものであり、濃度勾配方向は、背景部と対象部とからなるコントラストが変化した場合においても値が同じである。マスク演算を用いて算出されるため、連続的に背景部分が変化する場合においても、局所的に見れば、背景部分は同じ濃度であり、濃度勾配方向が変化しにくい。複雑背景上に対象が描かれている場合においても、背景変化の不連続な部分で濃度勾配方向がおかしくなるが、局所的に濃度勾配方向を算出しているため、画像全体には伝播しない。等の特徴があるので、シェーディングのように背景部の濃淡値が連続的に変化するようなパターンや、複雑背景のように背景部に不連続な部分はあるものの、その割合が少ないパターンにおいて、マークや文字の認識が可能になるという効果がある。

【０１０３】
また、請求項２、請求項４及び請求項５に係る発明によれば、画素数あるいは重み合計値で除算するので、画素数や重み合計値が変化した場合においても、類似度の意味が変化せず、しきい値決めが簡単になるという効果がある。
また、濃度勾配強度で重み付けをした相関値としているので、複雑背景のように背景が画像によって異なるようなパターンにおいても、マークや文字の認識が可能になるという効果がある。

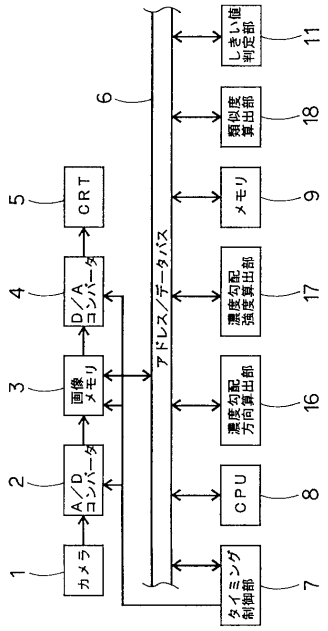
【０１０４】
請求項２、請求項４、請求項５に係る発明によれば、１つのしきい値で複数のモデルの認識が行えるため、しきい値設定が簡単になるという効果がある。
また、請求項３に係る発明によれば、濃度勾配方向の差を評価した値を濃度勾配方向の差の余弦とするものであるから、モデル画像と白黒反転した入力画像との類似度は－１となるという効果がある。

【０１０５】
また、請求項６に係る発明によれば、モデルの入力画像中での位置を精度良く検出できる。
また、請求項７ないし請求項１３に係る発明によれば、無地の上にマークや文字等が明瞭に描かれたワークを用意できない場合でも、精度良く認識ができる。

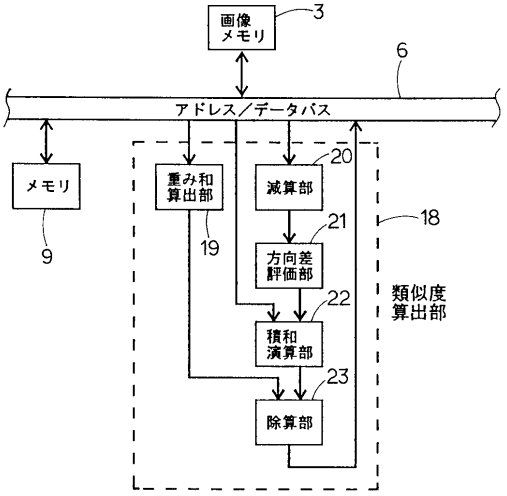
【図面の簡単な説明】
【図１】この発明の一実施形態画像処理装置の構成を示すブロック図である。
【図２】同実施形態画像処理装置の類似度算出部の構成を示すブロック図である。
【図３】同実施形態画像処理装置におけるモデル画像を説明する図である。
【図４】同実施形態画像処理装置における入力画像を説明する図である。
【図５】同実施形態画像処理装置のモデル画像の濃度勾配方向算出を説明する図である。
【図６】同実施形態画像処理装置の類似度算出の一例を説明する図である。
【図７】図６とともに、同実施形態画像処理装置の類似度算出の一例を説明する図である。
【図８】同実施形態画像処理装置の類似度算出の一例を説明する図である。
【図９】この発明の他の実施形態位置検出装置の構成を示すブロック図である。
【図１０】同実施形態位置検出装置の類似度算出部の構成を示すブロック図である。
【図１１】同実施形態位置検出装置におけるモデル画像を説明する図である。
【図１２】同実施形態位置検出装置における入力画像を説明する図である。
【図１３】同実施形態位置検出装置における位置探索を説明する図である。
【図１４】同実施形態位置検出装置における位置探索処理を説明するフロー図である。
【図１５】この発明の他の実施形態刻印文字読み取り装置の構成を示すブロック図である。
【図１６】同実施形態刻印文字読み取り装置におけるモデル画像を説明する図である。
【図１７】同実施形態刻印文字読み取り装置における入力画像を説明する図である。
【図１８】同実施形態刻印文字読み取り装置における照明方向の相違による読み取り画像の相違を説明する図である。
【図１９】図１８とともに、同実施形態刻印文字読み取り装置における照明方向の相違による読み取り画像の相違を説明する図である。
【図２０】同実施形態刻印文字読み取り装置における刻印文字照合の一例を示す図である。
【図２１】図２０ともに、同実施形態刻印文字読み取り装置における刻印文字照合の一例を示す図である。
【図２２】図２０、図２１ともに、同実施形態刻印文字読み取り装置における刻印文字照合の一例を示す図である。
【図２３】従来の画像処理装置の構成を示すブロック図である。
【図２４】同従来の画像処理装置の類似度算出部の構成を示すブロック図である。
【図２５】同従来の画像処理装置のモデル画像と入力画像の一例を示す図である。
【図２６】透明シートに覆われたワークを背景パターンを有するものに設置する場合を示す図である。
【図２７】図２６に示すワークを撮像した画像の例を示す図である。
【図２８】図２７に示す画像０の場合の濃度勾配方向と濃度勾配強度を示す図である。
【図２９】図２７に示す画像１、画像２、画像３及び画像４の場合の濃度勾配方向と濃度勾配強度を示す図である。
【図３０】この発明の他の実施形態類似度算出装置の構成を示すブロック図である。
【図３１】この発明のさらに他の実施形態位置検出装置の構成を示すブロック図である。
【図３２】図３０、図３１に示す実施形態装置において、モデル中の全画素を用いて代表濃度勾配方向と代表濃度勾配強度の算出を行う場合のフロー図である。
【図３３】図３０、図３１に示す装置で、代表濃度勾配方向の算出方法を示すフロー図である。
【図３４】図３０、図３１に示す装置で、代表濃度勾配強度の算出方法を示すフロー図である。
【図３５】図３０、図３１に示す装置で、代表濃度勾配強度の別の算出方法を示すフロー図である。
【図３６】図３０、図３１に示す装置で、代表濃度勾配強度のさらに他の算出方法を示す

フロー図である。
【図３７】図３２、図３３に示す算出フロー図によって得られた画像１～画像４からの代表濃度勾配方向を示す図である。
【図３８】図３２、図３４に示す算出フロー図によって得られた画像１～画像４からの代表濃度勾配強度を示す図である。
【図３９】図３２、図３５に示す算出フロー図によって得られた画像１～画像４からの代表濃度勾配強度を示す図である。
【図４０】図３２、図３６に示す算出フロー図によって得られた画像１～画像４からの代表濃度勾配強度を示す図である。
【符号の説明】
３　　画像メモリ
９　　メモリ
１９　　重み和算出部
２０　　減算部
２１　　方向差評価部
２２　　積和演算部
２３　　除算部

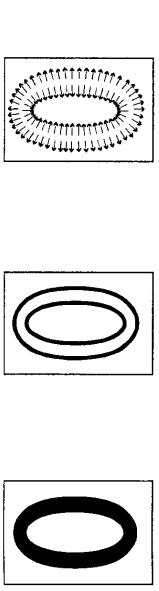
【図１】



【図２】

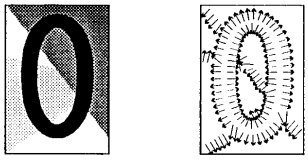


【図３】



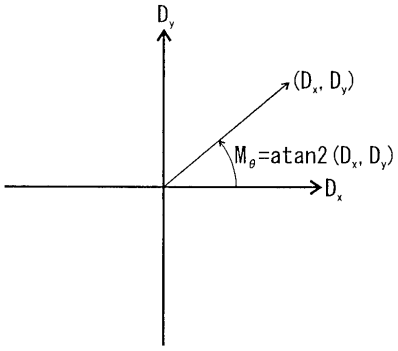
(a)モデル画像　(b)モデル濃度勾配強度　(c)モデル濃度勾配方向

【図４】

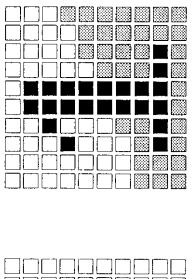


(a)入力画像　(b)入力濃度勾配方向

【図５】



【図６】



濃度値
0
10
200

(a)モデル画像

ND	225	225	243	315	342	ND	ND
225	225	198	180	0	0	ND	225
180	135	135	162	0	ND	ND	ND
135	90	162	180	0	0	ND	ND
ND	ND	180	180	0	0	ND	ND
ND	ND	180	180	0	0	ND	ND
225	252	225	198	342	315	288	315
180	180	135	108	72	45	0	0

(b)入力画像

ND	225	225	243	315	342	ND	ND
225	225	198	180	0	0	ND	225
180	135	135	162	0	343	252	243
135	90	162	180	343	292	243	252
ND	225	205	197	320	276	225	ND
270	243	223	220	0	0	ND	ND
269	252	225	198	342	315	288	315
180	180	135	108	72	45	0	0

(c)モデル濃度勾配方向

0	283	849	894	849	632	0	0
283	566	632	400	800	800	0	0
400	283	566	632	800	800	0	0
283	400	632	800	800	800	0	0
0	0	800	800	800	800	0	0
0	0	800	800	800	800	0	0
283	632	849	632	632	849	632	283
400	400	283	632	632	283	400	400

(d)入力濃度勾配強度

ND	0	0	0	0	0	ND	ND
0	0	0	0	0	0	ND	ND
0	0	0	0	0	343	ND	ND
0	0	0	0	343	292	ND	ND
ND	ND	25	17	320	276	ND	ND
ND	ND	43	40	0	0	ND	ND
44	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(e)モデル濃度勾配強度

(f) $I_\theta - M_\theta$

【図７】

0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

(h) $f(I_\theta - M_\theta)$

0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	0.96	0.37	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.91	0.96	0.10	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.73	0.77	1.00	0.00	0.00	0.00
0.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

(g) $f(I_\theta - M_\theta)$

【図８】

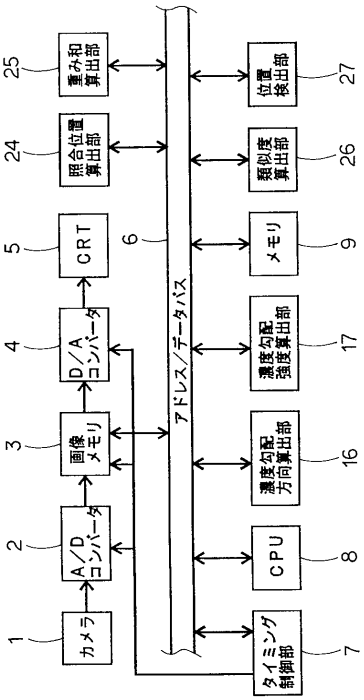
(b)入力画像

40	50	60	70	80	90	100	110	120	130			
50	60	70	80	0	0	110	120	130	140			
60	70	80	0	0	0	120	130	140	150			
70	80	0	100	0	0	130	140	150	160			
80	90	100	110	0	0	140	150	160	170			
90	100	110	120	0	0	150	160	170	180			
100	110	120	130	0	0	160	170	180	190			
110	120	130	140	0	0	170	180	190	200			
120	130	0	0	0	0	0	0	200	210			
130	140	150	160	170	180	190	200	210	220			

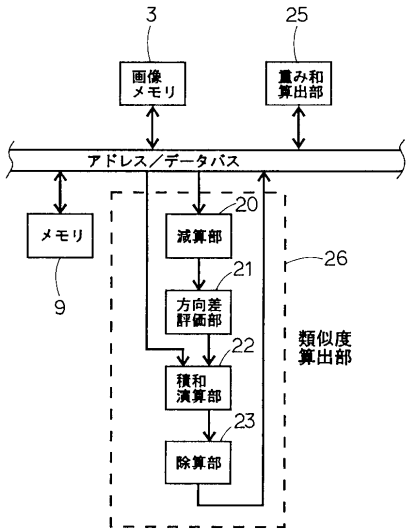
(a)モデル画像

200	200	200	200	200	200	200	200	200	200			
200	200	200	200	0	0	200	200	200	200			
200	200	200	0	0	0	200	200	200	200			
200	200	0	200	0	0	200	200	200	200			
200	200	200	200	0	0	200	200	200	200			
200	200	200	200	0	0	200	200	200	200			
200	200	200	200	0	0	200	200	200	200			
200	200	200	0	0	0	0	200	200	200			
200	200	0	0	0	0	0	0	200	200			
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200			

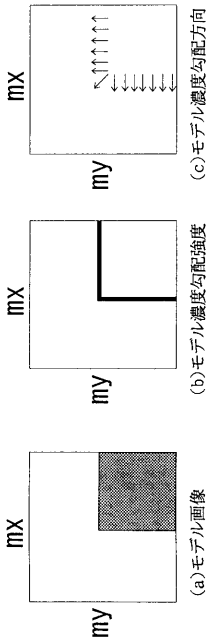
【図９】



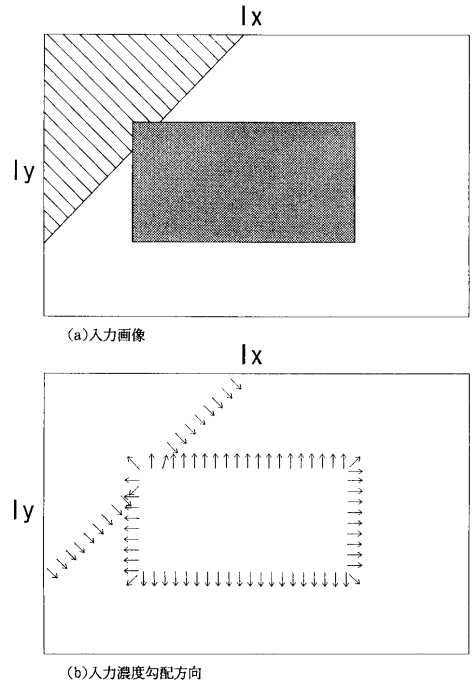
【図１０】



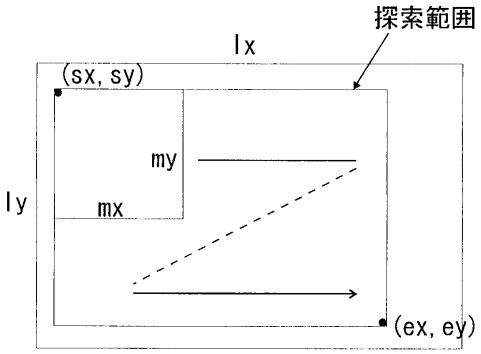
【図１１】



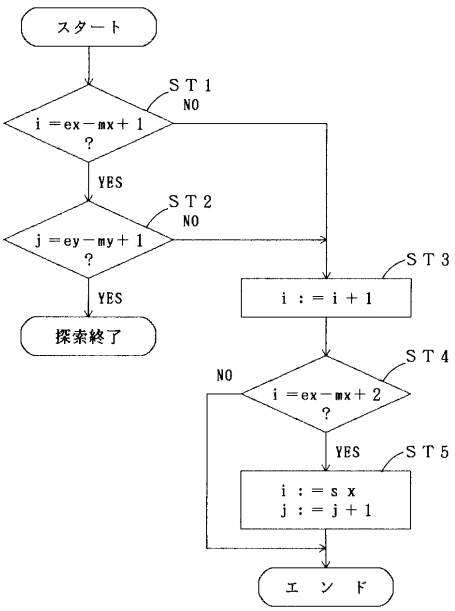
【図１２】



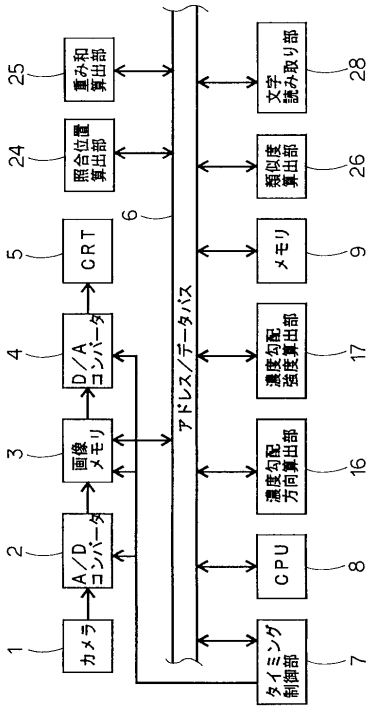
【図１３】



【図１４】



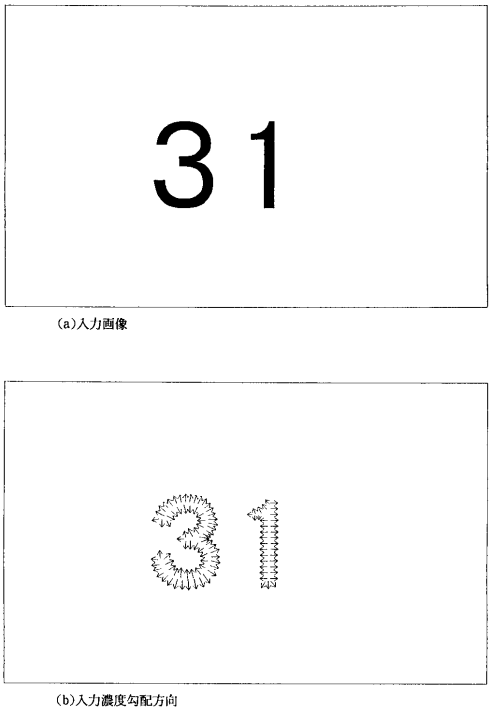
【図１５】



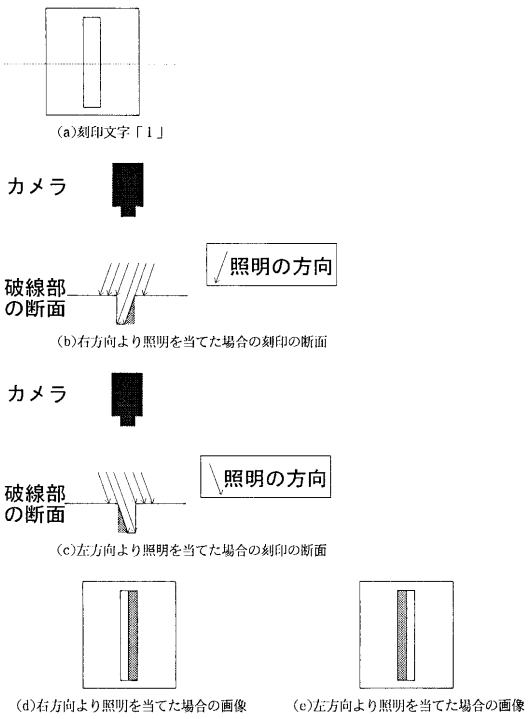
【図１６】



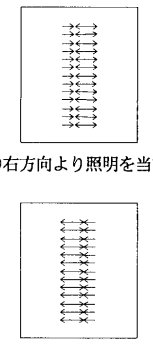
【図１７】



【図１８】



【図１９】



【図２０】

100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	200	200	0	0	100	100	100
100	100	100	200	200	0	0	100	100	100
100	100	100	200	200	0	0	100	100	100
100	100	100	200	200	0	0	100	100	100
100	100	100	200	200	0	0	100	100	100
100	100	100	200	200	0	0	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(a)モデル画像

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	141	316	283	283	316	141	0	0
0	0	316	424	632	632	424	316	0	0
0	0	400	400	800	800	400	400	0	0
0	0	400	400	800	800	400	400	0	0
0	0	400	400	800	800	400	400	0	0
0	0	400	400	800	800	400	400	0	0
0	0	316	424	632	632	424	316	0	0
0	0	141	316	283	283	316	141	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)モデル濃度勾配強度(Mw)

【図２１】

ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND	ND	315	288	225	135	72	45	ND	ND
ND	ND	342	315	198	162	45	18	ND	ND
ND	ND	0	0	180	180	0	0	ND	ND
ND	ND	0	0	180	180	0	0	ND	ND
ND	ND	0	0	180	180	0	0	ND	ND
ND	ND	0	0	180	180	0	0	ND	ND
ND	ND	18	45	162	198	315	342	ND	ND
ND	ND	45	72	135	225	288	315	ND	ND
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(c)モデル濃度勾配方向(Mθ)

100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	0	0	200	200	100	100	100
100	100	100	0	0	200	200	100	100	100
100	100	100	0	0	200	200	100	100	100
100	100	100	0	0	200	200	100	100	100
100	100	100	0	0	200	200	100	100	100
100	100	100	0	0	200	200	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(d)入力画像

ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND	ND	135	108	45	315	252	225	ND	ND
ND	ND	162	135	18	342	225	198	ND	ND
ND	ND	180	180	0	0	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	0	0	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	0	0	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	0	0	180	180	ND	ND
ND	ND	198	225	342	18	135	162	ND	ND
ND	ND	225	252	315	45	108	135	ND	ND
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(e)入力濃度勾配方向(Iθ)

【図２２】

ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND	ND	-180	-180	-180	180	180	180	ND	ND
ND	ND	-180	-180	-180	180	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	-180	-180	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	-180	-180	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	-180	-180	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	-180	-180	180	180	ND	ND
ND	ND	180	180	180	-180	-180	-180	ND	ND
ND	ND	180	180	180	-180	-180	-180	ND	ND
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(f)Iθ－Mθ

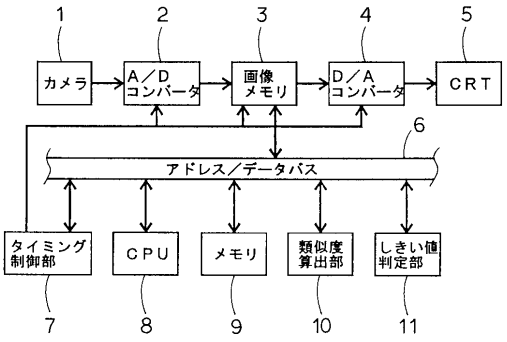
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND	ND	-360	-360	-360	360	360	360	ND	ND
ND	ND	-360	-360	-360	360	360	360	ND	ND
ND	ND	360	360	-360	-360	360	360	ND	ND
ND	ND	360	360	-360	-360	360	360	ND	ND
ND	ND	360	360	-360	-360	360	360	ND	ND
ND	ND	360	360	-360	-360	360	360	ND	ND
ND	ND	360	360	360	-360	-360	-360	ND	ND
ND	ND	360	360	360	-360	-360	-360	ND	ND
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(g)2×(Iθ－Mθ)

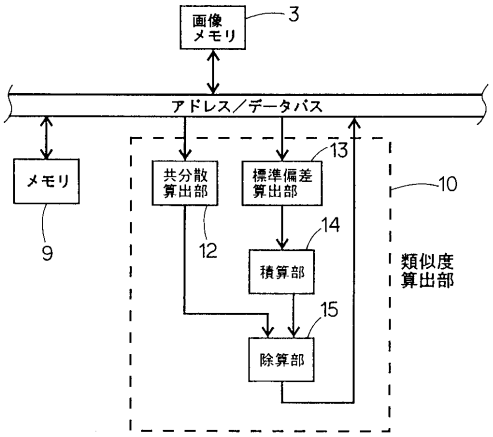
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(h)cos(2×(Iθ－Mθ))

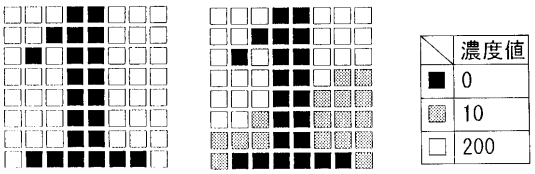
【図２３】



【図２４】

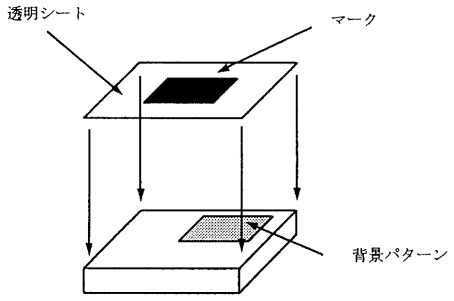


【図２５】

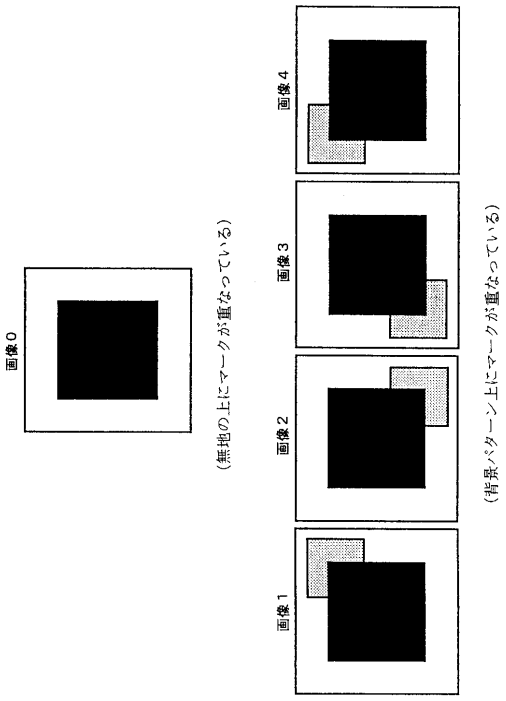


(a) モデル画像　(b) 入力画像

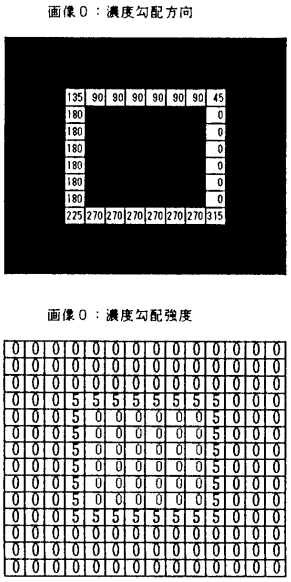
【図２６】



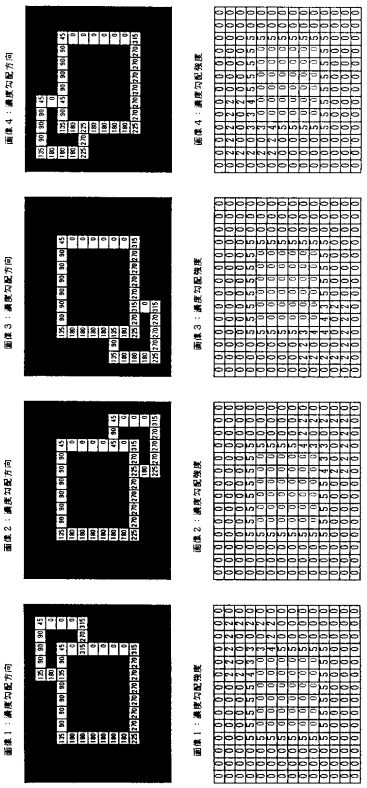
【図２７】



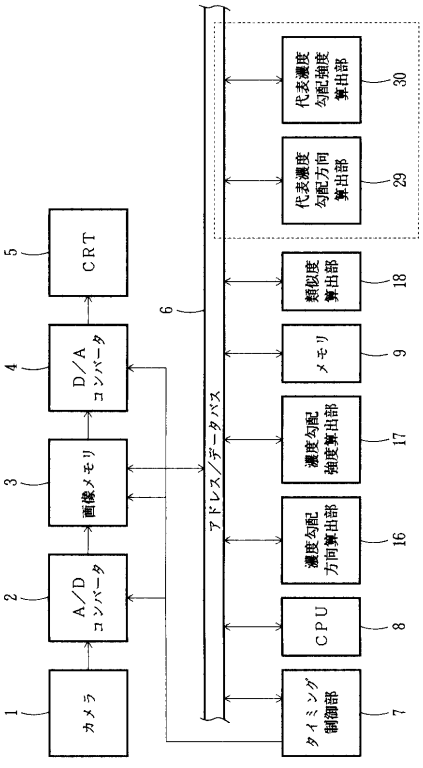
【図２８】



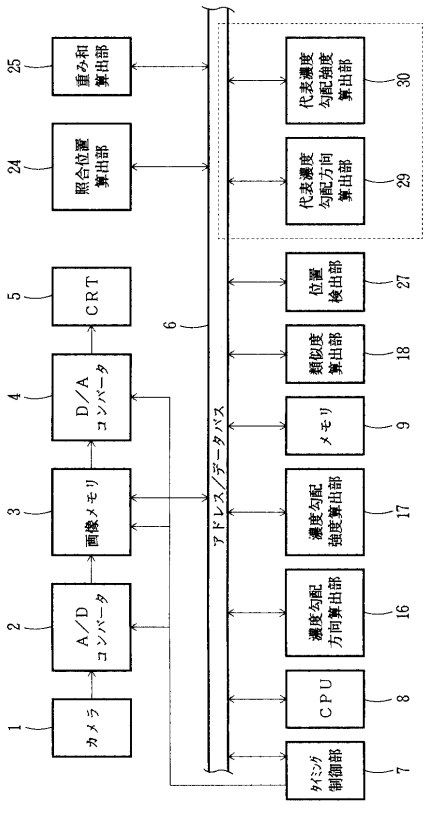
【図２９】



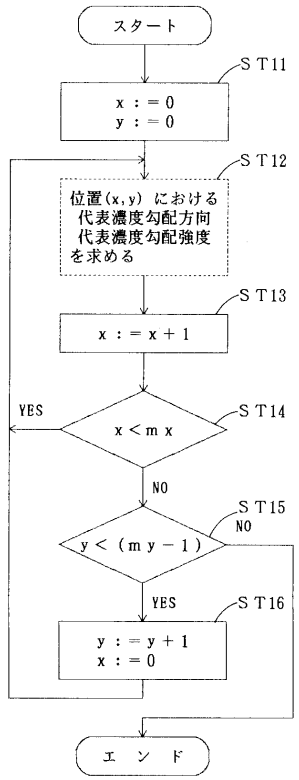
【図３０】



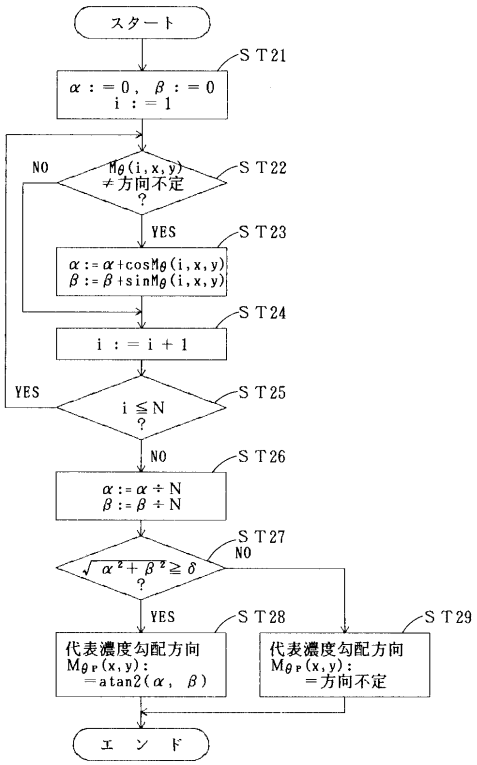
【図３１】



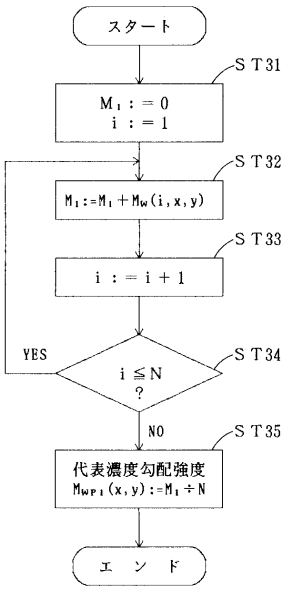
【図３２】



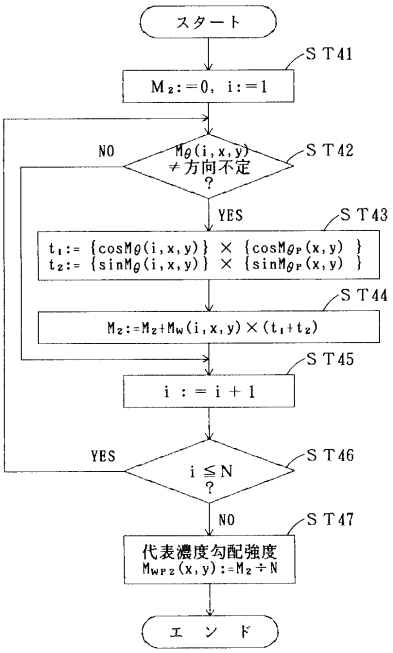
【図３３】



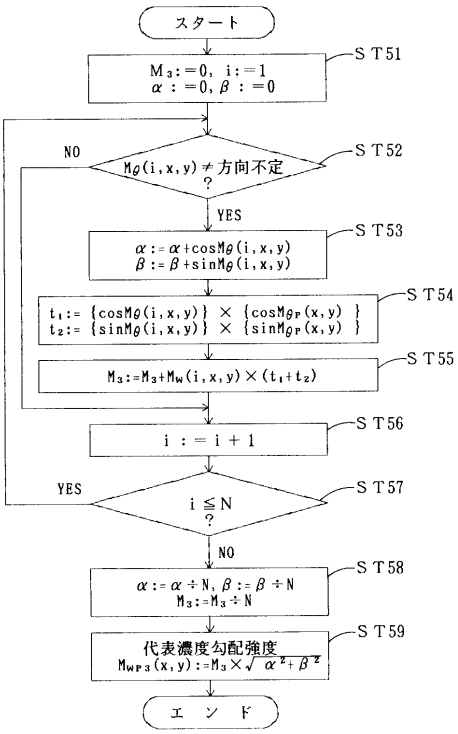
【図３４】



【図３５】

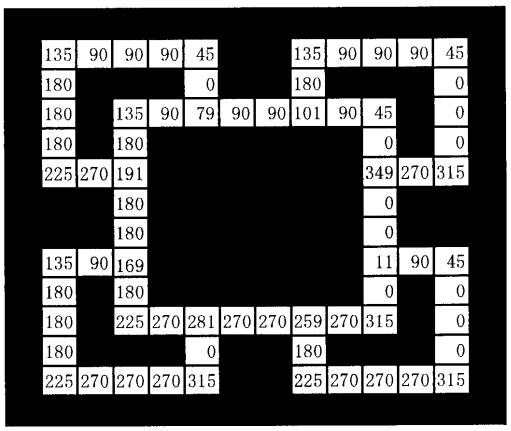


【図３６】



【図３７】

代表濃度勾配方向



【図３８】

代表濃度勾配強度

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.50	4.50	4.75	5.00	5.00	4.75	4.50	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.50	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.75	0.50	0.50	0.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.50	0.50	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.75	0.50	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.75	4.75	4.50	5.00	5.00	4.75	4.50	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

【図３９】

代表濃度勾配強度

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.50	4.50	4.51	5.00	5.00	4.51	4.50	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.50	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51	0.50	0.50	0.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.50	0.50	4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51	0.50	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	4.75	4.75	4.30	5.00	5.00	4.51	4.50	4.50	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

【図４０】

代表濃度勾配強度

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00
0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00
0.00	0.13	0.00	4.50	4.50	4.26	5.00	5.00	4.26	4.50	4.50	0.00	0.13	0.00
0.00	0.13	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.13	0.00
0.00	0.12	0.12	4.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	0.12	0.12	0.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.13	0.13	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	0.13	0.13	0.00
0.00	0.13	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.13	0.00
0.00	0.13	0.00	4.75	4.75	4.06	5.00	5.00	4.26	4.50	4.50	0.00	0.13	0.00
0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00
0.00	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.00	0.00	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６１－０２６１９１（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－１７８４８５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０６５１６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G06T 7/00
G06T 1/00
G06K 9/62