

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5338684号  
(P5338684)

(45) 発行日 平成25年11月13日 (2013.11.13)

(24) 登録日 平成25年8月16日 (2013.8.16)

|              |             |                  |                 |
|--------------|-------------|------------------|-----------------|
| (51) Int.Cl. |             | F I              |                 |
| <b>G06T</b>  | <b>7/20</b> | <b>(2006.01)</b> | G O 6 T 7/20 B  |
| <b>H04N</b>  | <b>7/32</b> | <b>(2006.01)</b> | H O 4 N 7/137 Z |

請求項の数 9 (全 32 頁)

|           |                               |           |                             |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2010-3077 (P2010-3077)      | (73) 特許権者 | 000002185                   |
| (22) 出願日  | 平成22年1月8日 (2010.1.8)          |           | ソニー株式会社                     |
| (65) 公開番号 | 特開2011-141824 (P2011-141824A) |           | 東京都港区港南1丁目7番1号              |
| (43) 公開日  | 平成23年7月21日 (2011.7.21)        | (74) 代理人  | 100082131                   |
| 審査請求日     | 平成24年11月14日 (2012.11.14)      |           | 弁理士 稲本 義雄                   |
|           |                               | (74) 代理人  | 100121131                   |
|           |                               |           | 弁理士 西川 孝                    |
|           |                               | (72) 発明者  | 石川 貴規                       |
|           |                               |           | 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株<br>式会社内 |
|           |                               | 審査官       | 佐田 宏史                       |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基準画像を参照画像と比較し、前記基準画像の各画素の動きベクトルを検出するために代表して動きベクトルを検出する代表点である前記基準画像の複数の画素それぞれを記憶する代表点記憶手段と、

前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点を用いた代表点マッチング法により評価値テーブルを生成する評価値テーブル生成手段と、

前記評価値テーブルの度数の最大値に対応する位置を前記動きベクトルの候補ベクトルとして検出するピーク検出手段と、

前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、前記基準画像の前記代表点と、それに対応する前記候補ベクトル先の前記参照画像の画素である参照点との関連判定を行い、関連の高い代表点を前記代表点記憶手段から除外することにより、前記代表点記憶手段を更新する関連判定手段と

を備え、

前記評価値テーブル生成手段による、前記代表点記憶手段に記憶された代表点に基づく前記評価値テーブルの生成、

前記ピーク検出手段による、前記候補ベクトルの検出、

前記関連判定手段による、前記代表点と前記参照点との関連判定およびその判定結果による前記代表点記憶手段の更新

を、有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返す

10

20

画像処理装置。

【請求項 2】

前記評価値テーブルの生成、前記候補ベクトルの検出、並びに、前記相関判定および前記代表点記憶手段の更新、の繰り返しを制御する制御手段をさらに備え、

前記制御手段は、前記評価値テーブルの度数の最大値に応じて、繰り返しを中止させる請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記評価値テーブルの生成、前記候補ベクトルの検出、並びに、前記相関判定および前記代表点記憶手段の更新、の繰り返しを制御する制御手段をさらに備え、

前記制御手段は、前記代表点記憶手段に記憶されている代表点が更新された個数に応じて、繰り返しを中止させる

請求項 1 または 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記相関判定手段は、前記代表点とその近傍の画素の代表点近傍画素データと、前記参照点とその近傍の画素の参照点近傍画素データを比較することにより、前記代表点と前記参照点との相関判定を行う

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記相関判定手段は、前記代表点の画素値が前記参照点の近傍の画素の画素値に挟まれる関係にあるか、または、前記参照点の画素値が前記代表点の近傍の画素の画素値に挟まれる関係にあるという条件を満たすか否かにより、前記代表点と前記参照点との相関判定を行う

請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記相関判定手段は、前記代表点とその近傍の画素の画素値の波形パターンが、右上がり、右下がり、上に凸、下に凸の、いずれかを解析して、波形パターンに応じて異なる相関判定を行う

請求項 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

近傍の画素と画素値の変化があるかを判別することにより、前記基準画像の画素のなかから前記代表点を決定し、前記代表点記憶手段に記憶させる代表点選別手段をさらに備える

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 8】

所定の画像処理を行う画像処理装置が、

代表点記憶手段に記憶されている代表点としての基準画像の複数の画素それぞれを参照画像と比較する代表点マッチング法により評価値テーブルを生成し、

前記評価値テーブルの度数の最大値に対応する位置を、前記基準画像と前記参照画像の動きベクトルの候補ベクトルとして検出し、

前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、前記基準画像の前記代表点と、それに対応する前記候補ベクトル先の前記参照画像の画素である参照点との相関判定を行い、相関の高い代表点を前記代表点記憶手段から除外することにより、前記代表点記憶手段を更新する処理を、

有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返すステップを含む画像処理方法。

【請求項 9】

コンピュータに、

代表点記憶手段に記憶されている代表点としての基準画像の複数の画素それぞれを参照画像と比較する代表点マッチング法により評価値テーブルを生成し、

前記評価値テーブルの度数の最大値に対応する位置を、前記基準画像と前記参照画像の

10

20

30

40

50

動きベクトルの候補ベクトルとして検出し、

前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、前記基準画像の前記代表点と、それに対応する前記候補ベクトル先の前記参照画像の画素である参照点との相関判定を行い、相関の高い代表点を前記代表点記憶手段から除外することにより、前記代表点記憶手段を更新する処理を、

有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返す

ステップを含む処理を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法、およびプログラムに関し、特に、抽出する候補ベクトルの精度を向上させることで、動きベクトルの検出精度を向上させることができるようにする画像処理装置、画像処理方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年の動画の信号処理の発展に伴い、画像中の各物体の動きベクトルを検出する技術が、様々なところで利用されている。例えば、高能率符号化における動き補償型画像符号化、動画のフレームレート変換、交通監視システムにおける動物体の検出処理や動き検出などに、動きベクトルを検出する技術が利用されている。ステレオカメラで撮影した画像からの動物体の検出や奥行き計測等には、複数視点の画像から視差ベクトルを検出する技術が利用されている。動画の動きベクトルの検出と多視点画像の視差ベクトルの検出は、対応をとる画像間の関係が異なるだけであり、技術的には同じなので、単に、ベクトル検出と呼ぶことにする。

【0003】

従来、ベクトル検出には、ブロックマッチング法などがよく用いられてきた。ブロックマッチング法は、サーチエリア内の全てのデータの比較を行う全探索であるため、検出に要する比較の回数が非常に多く、ベクトル検出に時間がかかるという欠点があった。

【0004】

また、ブロック内に動き方向の異なる複数の部分が含まれるような場合、ブロックを単位として検出された動きは、ブロック内の個々の動きを正確に検出したものとは言えない。このような問題は、ブロックサイズの設定により調整可能であるが、例えば、ブロックを大きくすると、演算量の増大に加えて、ブロック内の複数動きの問題が発生し易くなる。逆に、ブロック内に複数の動きが含まれないように、ブロックのサイズを小さくした場合には、マッチングの判断の領域が小さくなるので、動き検出の精度が低下するという問題が生じる

【0005】

そこで、本出願人は、特許文献1、特許文献2などにより、演算量を増大させずに、1画素毎に動きベクトル検出ができ、且つ、誤検出が防止された動きベクトル検出装置、および動きベクトル検出方法を提案している。

【0006】

特許文献1、2における動きベクトル検出方法のポイントは、画素またはブロック毎に評価値を算出し、ベクトルを決定するのではなく、候補ベクトル方式の採用によって、従来の問題点を解決したことにある。候補ベクトル方式では、最初に、第1ステップとして、代表点マッチング法により1画面内で評価値テーブルを生成し、生成された評価値テーブルから、幾つかの候補ベクトルが抽出される。そして、第2ステップとして、抽出された候補ベクトルのなかから、1画素毎に最良と思われる候補ベクトルを選択することにより、画素毎の動きベクトルが決定される。

【0007】

候補ベクトル方式によれば、サーチエリア内の有効な位置（候補ベクトルの位置）を第1ステップで抽出しておくことで、演算量を軽減することができる。また、ベクトルの誤

10

20

30

40

50

検出が起こりやすい被写体の境界部分においても、予め絞りこんだ候補ベクトルの中から、最良のベクトルを判定するので、サーチエリア内の全探索に比べて、同じ評価値となる確率が減り、誤検出を軽減することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2005-175869号公報

【特許文献2】特開2005-175870号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0009】

しかしながら、特許文献1、2における動きベクトル検出方法では、評価値テーブルから候補ベクトルを抽出する際、予め候補ベクトルの抽出個数を設定する必要があるため、次のような問題があった。

【0010】

候補ベクトルの抽出個数として、画像内に存在する有意な候補ベクトル数より大きい値を設定すると、抽出した候補ベクトルの中に不必要な候補ベクトルが含まれる確率が増える。そのため、第2ステップの処理で最良と思われるベクトルを決定する際に誤検出の可能性が高まる。逆に、誤検出を減らすため、候補ベクトルの抽出個数を小さく設定すると、抽出された候補ベクトルの中に必要な候補ベクトルが含まれない確率が増える。この場合も、第2ステップの処理で最良と思われるベクトルを決定する際に誤検出となる可能性が高くなる。

20

【0011】

即ち、最良な動きベクトルを決定するためには、第1ステップで抽出される候補ベクトルの精度が良いことが前提となる。しかしながら、設定した候補ベクトルの抽出個数によって不必要な候補ベクトルが含まれたり、必要な候補ベクトルが含まれないことにより、候補ベクトルの精度が低くなることがあった。

【0012】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、候補ベクトル方式において、抽出する候補ベクトルの精度を向上させることで、動きベクトルの検出精度を向上させることができるようにするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一側面の画像処理装置は、基準画像を参照画像と比較し、前記基準画像の各画素の動きベクトルを検出するために代表して動きベクトルを検出する代表点である前記基準画像の複数の画素それぞれを記憶する代表点記憶手段と、前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点を用いた代表点マッチング法により評価値テーブルを生成する評価値テーブル生成手段と、前記評価値テーブルの度数の最大値に対応する位置を前記動きベクトルの候補ベクトルとして検出するピーク検出手段と、前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、前記基準画像の前記代表点と、それに対応する前記候補ベクトル先の前記参照画像の画素である参照点との相関判定を行い、相関の高い代表点を前記代表点記憶手段から除外することにより、前記代表点記憶手段を更新する相関判定手段とを備え、前記評価値テーブル生成手段による、前記代表点記憶手段に記憶された代表点に基づく前記評価値テーブルの生成、前記ピーク検出手段による、前記候補ベクトルの検出、前記相関判定手段による、前記代表点と前記参照点との相関判定およびその判定結果による前記代表点記憶手段の更新を、有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返す。

40

【0014】

本発明の一側面の画像処理方法は、所定の画像処理を行う画像処理装置が、代表点記憶手段に記憶されている代表点としての基準画像の複数の画素それぞれを参照画像と比較する代表点マッチング法により評価値テーブルを生成し、前記評価値テーブルの度数の最大

50

値に対応する位置を、前記基準画像と前記参照画像の動きベクトルの候補ベクトルとして検出し、前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、前記基準画像の前記代表点と、それに対応する前記候補ベクトル先の前記参照画像の画素である参照点との相関判定を行い、相関の高い代表点を前記代表点記憶手段から除外することにより、前記代表点記憶手段を更新する処理を、有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返すステップを含む。

【0015】

本発明の一側面のプログラムは、コンピュータに、代表点記憶手段に記憶されている代表点としての基準画像の複数の画素それぞれを参照画像と比較する代表点マッチング法により評価値テーブルを生成し、前記評価値テーブルの度数の最大値に対応する位置を、前記基準画像と前記参照画像の動きベクトルの候補ベクトルとして検出し、前記代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、前記基準画像の前記代表点と、それに対応する前記候補ベクトル先の前記参照画像の画素である参照点との相関判定を行い、相関の高い代表点を前記代表点記憶手段から除外することにより、前記代表点記憶手段を更新する処理を、有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返すステップを含む処理を実行させる。

【0016】

本発明の一側面においては、代表点記憶手段に記憶されている代表点としての基準画像の複数の画素それぞれが、参照画像と比較される代表点マッチング法により評価値テーブルが生成され、評価値テーブルの度数の最大値に対応する位置が、基準画像と参照画像の動きベクトルの候補ベクトルとして検出され、代表点記憶手段に記憶された複数の代表点について、基準画像の代表点と、それに対応する候補ベクトル先の参照画像の画素である参照点との相関判定が行われ、相関の高い代表点が代表点記憶手段から除外されることにより、代表点記憶手段が更新される処理が、有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り繰り返される。

【0017】

なお、プログラムは、伝送媒体を介して伝送することにより、又は、記録媒体に記録して、提供することができる。

【0018】

画像処理装置は、独立した装置であっても良いし、1つの装置を構成している内部ブロックであっても良い。

【発明の効果】

【0019】

本発明の一側面によれば、抽出する候補ベクトルの精度を向上させることで、動きベクトルの検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図2】画像処理装置1全体の処理を説明するフローチャートである。

【図3】代表点マッチング法による評価値テーブルの生成処理およびベクトル( $u$ ,  $v$ )の算出について説明する図である。

【図4】代表点マッチング法による評価値テーブルの生成処理およびベクトル( $u$ ,  $v$ )の算出について説明する図である。

【図5】空間勾配の有無を検出するために用いられる近傍画素を説明する図である。

【図6】代表点選別部の詳細構成例を示すブロック図である。

【図7】候補ベクトル抽出部の詳細な構成例を含む画像処理装置のブロック図である。

【図8】候補ベクトル抽出処理について説明するフローチャートである。

【図9】相関判定部の詳細な構成例を示すブロック図である。

【図10】波形パターンの種類を示す図である。

【図 1 1】波形パターンが右上がりである場合の相関判定処理の詳細について説明する図である。

【図 1 2】波形パターンが右下がりである場合の相関判定処理の詳細について説明する図である。

【図 1 3】波形パターンが下に凸である場合の相関判定処理の詳細について説明する図である。

【図 1 4】波形パターンが上に凸である場合の相関判定処理の詳細について説明する図である。

【図 1 5】評価関数  $F_1$  乃至  $F_4$  をまとめて示した図である。

【図 1 6】相関判定処理を説明するフローチャートである。

【図 1 7】候補ベクトル割当処理の概念図を示す図である。

【図 1 8】候補ベクトル割当処理を説明するフローチャートである。

【図 1 9】本発明を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

[ 本発明を適用した画像処理装置のブロック図 ]

図 1 は、本発明を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成例を示している。

【0022】

画像処理装置 1 は、図 1 に示されるように、代表点選別部 1 1、候補ベクトル抽出部 1 2、制御部 1 3、および候補ベクトル割当部 1 4 により構成される。

【0023】

画像処理装置 1 には、複数の画像を構成する画像データが入力される。複数の画像は、例えば、動画画像を構成する時間的に連続するフレーム画像や、異なる視点で撮像された複数枚のフレーム画像である。入力された画像データは、代表点選別部 1 1、候補ベクトル抽出部 1 2、および候補ベクトル割当部 1 4 に供給される。

【0024】

画像処理装置 1 は、入力される所定の 2 枚のフレーム画像の一方を基準フレーム（基準画像）、他方を参照フレーム（参照画像）として、基準フレームと参照フレームを比較して、基準フレームに含まれる画素の動きベクトルを検出し、ベクトルデータとして出力する。画像データとして、画像処理装置 1 に 3 枚以上のフレーム画像が入力される場合には、画像処理装置 1 は、順次入力されるフレーム画像に対し、動きベクトルの検出処理を繰り返し実行する。この場合、基準フレームは、固定の 1 枚のフレーム画像を基準フレームとしてもよいし、入力されるフレーム画像を順次、基準フレームとすることも可能である。

【0025】

なお、以下の説明においては、入力される画像データがフレーム画像のデータであるとして説明するが、本発明は、フレーム画像に限らず、フィールド画像であっても適用可能である。また、入力される画像データは、テレビジョン信号に基づく画像データでもよいし、テレビジョン信号以外の様々な画像データでもよい。また、入力される画像データは、インターレースまたはノンインターレースの何れのデータでもよい。

【0026】

代表点選別部 1 1 は、入力される基準フレームを構成する各画素のなかから、動きベクトルを検出する対象として適切な 1 以上の画素を代表点として決定する。例えば、基準フレームに含まれる部分のうち、同じような画素値が隣接している平坦な部分の画素を代表点として決定した場合には、仮に、その部分に動きがあったとしても、その動き量が平坦な部分の範囲内であれば、その変化を検出することができない。従って、基準フレームに含まれる部分のうち、隣接する範囲内で画素値に変化のある部分、即ち、テクスチャのある部分の画素を代表点とする方が、動きベクトルをより正確に検出することができる。そこで、代表点選別部 1 1 は、近傍の画素と画素値の変化があるかを判別することにより、

10

20

30

40

50

動きベクトルを検出する対象として適切な 1 以上の画素を代表点として決定する。なお、代表点選別部 11 は、所定の基準を満たす画素を、すべて代表点として決定し、個数の制限等は行わない。

#### 【0027】

代表点選別部 11 は、基準フレームに対して決定した代表点を示す情報を、候補ベクトル抽出部 12 に供給する。例えば、代表点選別部 11 は、基準フレームを構成する各画素に対して、代表点であるか否かを示す「1」または「0」の情報を候補ベクトル抽出部 12 に供給する。

#### 【0028】

なお、本実施の形態では、基準フレームを構成する全ての画素に対して、代表点であるか否かを示す「1」または「0」の情報を生成することとするが、基準フレームから抜き出した所定個数の画素のみについて代表点を示す情報を生成するようにしてもよい。

10

#### 【0029】

候補ベクトル抽出部 12 は、制御部 13 の制御にしたがい、画像処理装置 1 が出力する動きベクトルの候補となる候補ベクトルを抽出し、制御部 13 に供給する。より詳しくは、候補ベクトル抽出部 12 は、代表点選別部 11 で決定された 1 以上の代表点を所定の順序で選択し、選択された代表点の動きベクトル ( $u, v$ ) を算出する。そして、候補ベクトル抽出部 12 は、算出された動きベクトル ( $u, v$ ) を候補ベクトルとして制御部 13 に供給する処理を、制御部 13 から中止されるまで繰り返す。なお、以下において、候補ベクトル抽出部 12 により算出される動きベクトル ( $u, v$ ) を、画像処理装置 1 が出力する動きベクトルと区別するため、単に、ベクトル ( $u, v$ ) と称する。

20

#### 【0030】

制御部 13 は、候補ベクトル抽出部 12 を制御するとともに、候補ベクトル抽出部 12 から供給された候補ベクトルを、候補ベクトル割当部 14 に供給する。

#### 【0031】

候補ベクトル割当部 14 は、基準フレームの所定の画素を処理対象として注目する注目画素に設定し、注目画素の動きベクトルを、複数の候補ベクトルのなかから最適な候補ベクトルを割り当てることにより決定し、出力する。

#### 【0032】

30

候補ベクトル割当部 14 が基準フレームのどの画素を注目画素とするかは、任意に決定することができる。例えば、候補ベクトル割当部 14 は、基準フレームの各画素を注目画素として、各画素それぞれについて動きベクトルを決定するようにしてもよい。また、基準フレームを複数のブロックに分割し、ブロック内の 1 画素のみを注目画素としてもよい。ブロック内の 1 画素を注目画素とした場合、ブロック内の全画素の動きベクトルは、注目画素とした 1 画素と同一の動きベクトルとされる。

#### 【0033】

#### [ 画像処理装置 1 全体の処理フロー ]

図 2 は、画像処理装置 1 全体の処理を示すフローチャートである。

#### 【0034】

40

画像処理装置 1 に、基準フレームと参照フレームを含む画像データが入力される。すると、ステップ S1 において、代表点選別部 11 は、基準フレームを構成する各画素のなかから、動きベクトルを検出する対象として適切な 1 以上の画素を代表点として決定し、代表点を示す情報を、候補ベクトル抽出部 12 に供給する。

#### 【0035】

ステップ S2 において、候補ベクトル抽出部 12 は、代表点選別部 11 で決定された 1 以上の代表点について、候補ベクトルを抽出し、制御部 13 に供給する。候補ベクトル抽出部 12 は、制御部 13 から処理の中止が命令された場合、候補ベクトルの抽出処理を止めるので、代表点選別部 11 で決定された代表点の全てについて、候補ベクトルが抽出されるわけではない。

50

## 【 0 0 3 6 】

ステップ S 3 において、候補ベクトル割当部 1 4 は、抽出された候補ベクトルを基に、基準フレームの全画素に対して動きベクトルを決定し、出力する。即ち、候補ベクトル割当部 1 4 は、基準フレームを構成する画素それぞれに対して、抽出された複数の候補ベクトルのなかから最適な候補ベクトルを、その画素の動きベクトルとして決定し、出力する。

## 【 0 0 3 7 】

以上のように、画像処理装置 1 では、入力される基準フレームと参照フレームとから、基準フレームの各画素について、動きベクトルが検出され、ベクトルデータとして出力される。

10

## 【 0 0 3 8 】

## [ 代表点マッチング法の説明 ]

画像処理装置 1 の処理は、[ 背景技術 ] に記載の特許文献 1 , 2 等で提案した候補ベクトル方式を改良したものである。そこで、画像処理装置 1 が実行する候補ベクトル方式のうち、特許文献 1 , 2 等で提案した候補ベクトル方式と同一の処理を行う部分について先に説明する。

## 【 0 0 3 9 】

図 3 と図 4 を参照して、代表点マッチング法による評価値テーブルの生成処理およびベクトル (  $u$  ,  $v$  ) の算出について説明する。

## 【 0 0 4 0 】

代表点マッチング法では、最初に、基準フレームの代表点に対応するサーチエリアが参照フレームに設定される。サーチエリアは、例えば、代表点に対応する参照フレームの画素を中心とする  $p$  画素  $\times$   $q$  画素の領域 (  $p$  ,  $q > 0$  ) とされる。

20

## 【 0 0 4 1 】

図 3 は、基準フレームの代表点  $R_a$  に対して、参照フレームのサーチエリア  $S_a$  が、基準フレームの代表点  $R_b$  に対して、参照フレームのサーチエリア  $S_b$  が、それぞれ設定されている例を示している。

## 【 0 0 4 2 】

なお、図 3 では、説明を分かりやすくするため、水平方向  $m$  画素、垂直方向  $n$  画素のブロックに均等分割した中央の画素を代表点として示しているが、実際には、代表点は、このように均等に決定されるわけではない。

30

## 【 0 0 4 3 】

次に、代表点それぞれについて、設定されたサーチエリア内の各画素と代表点の相関が判定され、サーチエリア内の画素ごとに評価値が設定される。具体的には、サーチエリア内の画素の画素値が代表点の画素値と近似していれば ( 代表点の画素値に対して所定の閾値内であれば ) 、評価値として ‘ ‘ 1 ’ ’ が設定され、近似していなければ ‘ ‘ 0 ’ ’ が設定される。その結果、1 つの代表点に対して、サーチエリアと同一の領域の ‘ ‘ 1 ’ ’ または ‘ ‘ 0 ’ ’ の評価値が得られる。

## 【 0 0 4 4 】

最後に、代表点ごとに求められたサーチエリアと同一の領域の ‘ ‘ 1 ’ ’ または ‘ ‘ 0 ’ ’ の評価値を、図 4 A に示すように、サーチエリアの同一の位置どうしで積算することにより、図 4 B に示すような、サーチエリアと同一の大きさ ( 領域 ) の評価値テーブルが生成される。

40

## 【 0 0 4 5 】

評価値テーブルでは、相関の度合いが高い ( 画素値の一致度合いが高い ) サーチエリア内の位置ほど評価値の度数 ( 累積値 ) は大きくなる。ここで、代表点に対応するサーチエリア内の位置である中心位置の座標を ( 0 , 0 ) として、その中心位置 ( 0 , 0 ) を基準とする度数の大きい位置の相対座標を (  $u$  ,  $v$  ) で表す。  $u$  ,  $v$  は、座標値であるので整数となる。候補ベクトル抽出部 1 2 においては、後述するように、度数の大きい順に順次検出される相対位置 (  $u$  ,  $v$  ) がベクトル (  $u$  ,  $v$  ) とされる。

50



## 【 0 0 4 6 】

## [ 代表点選別部 1 1 の詳細構成 ]

次に、代表点選別部 1 1 の詳細について説明する。

## 【 0 0 4 7 】

候補ベクトル抽出部 1 2 では、上述したように、評価値テーブルの度数に基づいて、ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) が決定され、ここで決定されたベクトル (  $u$  ,  $v$  ) が最終的に候補ベクトルとなる。そのため、評価値テーブルの精度を高めることが、精度の高い候補ベクトルの抽出につながる。

## 【 0 0 4 8 】

代表点選別部 1 1 は、次の 2 つの理由から、近傍の画素と画素値に変化がある画素を代表点として選択する。第 1 に、代表点マッチング法では、上述したようにサーチエリア内の画素と代表点の画素どうしの相関判定を行うので、評価値テーブルの精度を高めるためには、相関判定結果の信頼性を高めることが必要である。相関判定結果の信頼性を高めるには、フレーム画像内で一意に特定できるようにするため、基準フレームのなかの平坦な部分ではなく、何らかの変化のある部分 ( テクスチャのある部分 ) を代表点とするのが望ましい。第 2 に、後述する候補ベクトル抽出部 1 2 の相関判定部 6 4 ( 図 7 ) では、代表点を含む近傍画素の画素値を用いた相関判定を行うため、代表点とその近傍の画素に画素値の変化があることが必須となるためである。

10

## 【 0 0 4 9 】

以上の理由から、代表点選別部 1 1 は、隣接する画素の画素値を結んで形成される傾き ( 以下、空間勾配ともいう。 ) の有無を検出し、基準フレームを構成する画素のうち、空間勾配のある画素を代表点として決定する。

20

## 【 0 0 5 0 】

図 5 は、代表点選別部 1 1 が、画素値  $P ( x , y )$  を有する基準フレームの画素 (  $x$  ,  $y$  ) に対し、空間勾配の有無を検出するために用いられる近傍画素を示している。

## 【 0 0 5 1 】

即ち、基準フレームを構成する画素のうち、いま代表点とするか否かを判定する画素として注目する注目画素が (  $x$  ,  $y$  ) である場合、代表点選別部 1 1 は、注目画素 (  $x$  ,  $y$  ) に対し、水平 ( 左右 ) 方向と垂直 ( 上下 ) 方向に隣接する画素を用いる。

## 【 0 0 5 2 】

ここで、注目画素 (  $x$  ,  $y$  ) の左側の画素 (  $x - 1$  ,  $y$  ) の画素値は  $P ( x - 1 , y )$  であり、右側の画素 (  $x + 1$  ,  $y$  ) の画素値が  $P ( x + 1 , y )$  である。また、注目画素 (  $x$  ,  $y$  ) の上側の画素 (  $x$  ,  $y - 1$  ) の画素値は  $P ( x , y - 1 )$  であり、下側の画素 (  $x$  ,  $y + 1$  ) の画素値が  $P ( x , y + 1 )$  である。

30

## 【 0 0 5 3 】

代表点選別部 1 1 は、注目画素の画素値  $P ( x , y )$  と、水平方向に隣接する画素の画素  $P ( x - 1 , y )$  および  $P ( x + 1 , y )$  それぞれとの間で差分絶対値を計算する。また、代表点選別部 1 1 は、注目画素の画素値  $P ( x , y )$  と、垂直方向に隣接する画素の画素値  $P ( x , y - 1 )$  および  $P ( x , y + 1 )$  それぞれとの間で差分絶対値を計算する。

40

## 【 0 0 5 4 】

そして、代表点選別部 1 1 は、計算された差分絶対値を、予め設定された閾値と比較して、注目画素の右側、左側、上側、下側のそれぞれで、空間勾配があるかを判定する。さらに、代表点選別部 1 1 は、空間勾配があるか否かを、注目画素の水平方向と垂直方向で独立に判定し、水平方向と垂直方向の判定結果の論理積をとることで、水平方向と垂直方向の両方に空間勾配がある場合にのみ、その注目画素を代表点に決定する。

## 【 0 0 5 5 】

図 6 は、代表点選別部 1 1 の詳細構成例を示すブロック図である。

## 【 0 0 5 6 】

代表点選別部 1 1 は、左側勾配計算部 4 1 L、右側勾配計算部 4 1 R、上側勾配計算部

50

4 1 U、下側勾配計算部 4 1 D、O R 演算部 4 2、O R 演算部 4 3、および A N D 演算部 4 4 により構成される。

【 0 0 5 7 】

左側勾配計算部 4 1 L、右側勾配計算部 4 1 R、上側勾配計算部 4 1 U、および下側勾配計算部 4 1 D は、それぞれ、注目画素の左側、右側、上側、下側の勾配の有無を判定し、1 ビットの判定結果を出力する。

【 0 0 5 8 】

左側勾配計算部 4 1 L、右側勾配計算部 4 1 R、上側勾配計算部 4 1 U、および下側勾配計算部 4 1 D それぞれは、レジスタ 5 1、減算器 5 2、絶対値計算部 5 3、および比較部 5 4 を有し、注目画素の左側、右側、上側、下側に対応する符号 ( L , R , U , D ) を付している。

10

【 0 0 5 9 】

左側勾配計算部 4 1 L を例に説明すると、注目画素が図 5 に示した画素 ( x , y ) である場合には、レジスタ 5 1 L には、比較される左側の画素の画素値  $P ( x - 1 , y )$  が記憶される。減算器 5 2 L は、注目画素の画素値  $P ( x , y )$  と、レジスタ 5 1 L に記憶されている左側の画素の画素値  $P ( x - 1 , y )$  とを減算する。絶対値計算部 5 3 L は、減算器 5 2 L の減算結果の絶対値を計算する。比較部 5 4 L は、絶対値計算部 5 3 L の計算結果を、予め設定されている閾値と比較する。比較部 5 4 L は、絶対値が閾値より大きく、空間勾配があると判定した場合、ビット ‘ ‘ 1 ’ ’ を出力する。一方、比較部 5 4 L は、絶対値が閾値以下であり、空間勾配がないと判定した場合、ビット ‘ ‘ 0 ’ ’ を出力する。

20

【 0 0 6 0 】

右側勾配計算部 4 1 R、上側勾配計算部 4 1 U、および下側勾配計算部 4 1 D についても、注目画素と比較される対象の画素が異なる以外は同様であるので、その説明は省略する。

【 0 0 6 1 】

O R 演算部 4 2 には、注目画素と左側の画素との間に空間勾配があるか否かを表す 1 ビットの情報と、注目画素と右側の画素との間に空間勾配があるか否かを表す 1 ビットの情報が入力される。O R 演算部 4 2 は、入力される 2 つの 1 ビットの論理和を演算し、演算結果を出力する。即ち、O R 演算部 4 2 は、注目画素が左側の画素か、または、右側の画素の少なくとも一方との間に空間勾配がある場合に ‘ ‘ 1 ’ ’ を、両方の画素との間に空間勾配がない場合に ‘ ‘ 0 ’ ’ を出力する。

30

【 0 0 6 2 】

O R 演算部 4 3 には、注目画素と上側の画素との間に空間勾配があるか否かを表す 1 ビットの情報と、注目画素と下側の画素との間に空間勾配があるか否かを表す 1 ビットの情報が入力される。O R 演算部 4 3 は、入力される 2 つの 1 ビットの論理和を演算し、演算結果を出力する。即ち、O R 演算部 4 3 は、注目画素が上側の画素か、または、下側の画素の少なくとも一方との間に空間勾配がある場合に ‘ ‘ 1 ’ ’ を、両方の画素との間に空間勾配がない場合に ‘ ‘ 0 ’ ’ を出力する。

40

【 0 0 6 3 】

A N D 演算部 4 4 には、O R 演算部 4 2 から水平方向の空間勾配の有無を表す 1 ビットの情報と、O R 演算部 4 3 から垂直方向の空間勾配の有無を表す 1 ビットの情報が入力される。A N D 演算部 4 4 は、入力される 2 つの 1 ビットの論理積を演算し、演算結果を出力する。即ち、水平方向および垂直方向の両方で空間勾配がある場合に ‘ ‘ 1 ’ ’ を、少なくとも一方に空間勾配がない場合に ‘ ‘ 0 ’ ’ を出力する。

【 0 0 6 4 】

以上のように構成される代表点選別部 1 1 により、空間勾配のある画素を代表点として決定することで、高信頼度の評価値テーブルを生成することができるので、高精度なベクトル検出が可能となる。

【 0 0 6 5 】

50

### [ 候補ベクトル抽出部 1 2 の詳細構成 ]

次に、候補ベクトル抽出部 1 2 の詳細について説明する。

#### 【 0 0 6 6 】

図 7 は、候補ベクトル抽出部 1 2 の詳細な構成例を示した画像処理装置 1 全体のブロック図である。

#### 【 0 0 6 7 】

候補ベクトル抽出部 1 2 は、代表点メモリ 6 1、評価値テーブル生成部 6 2、ピーク検出部 6 3、および相関判定部 6 4 により構成されている。

#### 【 0 0 6 8 】

代表点メモリ 6 1 は、代表点選別部 1 1 から供給される代表点情報、即ち、基準フレームの各画素が代表点であるか否かを示す ‘ ‘ 1 ’ ’ または ‘ ‘ 0 ’ ’ の情報を記憶する。また、代表点メモリ 6 1 に記憶される代表点情報は、相関判定部 6 4 によって更新される。代表点メモリ 6 1 は、代表点情報が更新されたとき、更新によって変更された代表点数を制御部 1 3 に供給する。

10

#### 【 0 0 6 9 】

評価値テーブル生成部 6 2 は、図 3 と図 4 を参照して説明した代表点マッチング法による評価値テーブルの生成処理を実行し、評価値テーブルを生成する。即ち、評価値テーブル生成部 6 2 は、その時点で代表点メモリ 6 1 に記憶されている全ての代表点について、サーチエリア内の各画素とマッチングを行った結果を積算し、評価値テーブルを生成する。生成された評価値テーブルは、ピーク検出部 6 3 に供給される。

20

#### 【 0 0 7 0 】

ピーク検出部 6 3 は、評価値テーブル生成部 6 2 から供給された評価値テーブルのなかで、度数が最大（ピーク）となっている位置を検出する。ピーク検出部 6 3 は、度数が最大となっている画素の相対位置（ $u$ ， $v$ ）を、ベクトル（ $u$ ， $v$ ）として制御部 1 3 および相関判定部 6 4 に供給する。また、ピーク検出部 6 3 は、ベクトル（ $u$ ， $v$ ）に対応する評価値テーブルの度数、即ち、検出された度数の最大値も、制御部 1 3 に供給する。

#### 【 0 0 7 1 】

ピーク検出部 6 3 から制御部 1 3 にベクトル（ $u$ ， $v$ ）とテーブルの度数（最大値）が供給されると、制御部 1 3 は、テーブルの度数と、代表点メモリ 6 1 から供給される代表点数が所定の条件を満たすか否かを判定する。所定の条件を満たすと判定された場合、制御部 1 3 は、テーブルの度数とともに供給されたベクトル（ $u$ ， $v$ ）を候補ベクトルとする。所定の条件を満たさないと判定された場合、制御部 1 3 は、候補ベクトル抽出部 1 2 に候補ベクトルの抽出処理を終了させる。従って、所定の条件を満たすと判定されている間、ピーク検出部 6 3 から供給されるベクトル（ $u$ ， $v$ ）は、すべて候補ベクトルとなる。そこで、以下では、ベクトル（ $u$ ， $v$ ）を候補ベクトル（ $u$ ， $v$ ）ともいう。

30

#### 【 0 0 7 2 】

相関判定部 6 4 は、代表点メモリ 6 1 に記憶されている各代表点について、代表点と参照点の相関判定を行う。ここで、参照点とは、代表点に対応する参照フレームの画素から、ベクトル（ $u$ ， $v$ ）先の参照フレームの画素（以下、参照点という。）をいう。そして、相関判定部 6 4 は、相関判定の結果、相関が高いと判定された代表点を、候補ベクトル（ $u$ ， $v$ ）が寄与する代表点であるとして、代表点メモリ 6 1 の代表点情報から除外する。即ち、相関判定部 6 4 は、代表点メモリ 6 1 の、相関が高いと判定された代表点の代表点情報を ‘ ‘ 0 ’ ’ に変更する。

40

#### 【 0 0 7 3 】

### [ 候補ベクトル抽出処理フロー ]

図 8 のフローチャートを参照して、候補ベクトル抽出部 1 2 と制御部 1 3 による候補ベクトル抽出処理について説明する。

#### 【 0 0 7 4 】

初めに、ステップ S 2 1 において、制御部 1 3 は、カウンタ  $i$  をゼロに初期化するとともに、過去に求めた候補ベクトルを初期化する。

50

## 【 0 0 7 5 】

ステップ S 2 2 において、代表点メモリ 6 1 は、代表点選別部 1 1 から供給される代表点情報を記憶する。

## 【 0 0 7 6 】

ステップ S 2 3 において、評価値テーブル生成部 6 2 は、図 3 と図 4 を参照して説明した代表点マッチング法による評価値テーブルの生成処理を実行し、評価値テーブルを生成する。即ち、評価値テーブル生成部 6 2 は、現時点で代表点メモリ 6 1 に記憶されている全ての代表点について、サーチエリア内の各画素とマッチングを行った結果を積算し、評価値テーブルを生成する。生成された評価値テーブルは、ピーク検出部 6 3 に供給される。

10

## 【 0 0 7 7 】

ステップ S 2 4 において、ピーク検出部 6 3 は、評価値テーブル生成部 6 2 から供給された評価値テーブルから、度数の最大値 A を検出する。

## 【 0 0 7 8 】

ステップ S 2 5 において、ピーク検出部 6 3 は、度数の最大値 A に対応するベクトル (  $u$  ,  $v$  ) を抽出する。即ち、ピーク検出部 6 3 は、最大値 A の相対位置 (  $u$  ,  $v$  ) をベクトル (  $u$  ,  $v$  ) として抽出し、制御部 1 3 および相関判定部 6 4 に供給する。また、ピーク検出部 6 3 は、検出された度数の最大値 A を制御部 1 3 に供給する。

## 【 0 0 7 9 】

ステップ S 2 6 において、相関判定部 6 4 は、代表点メモリ 6 1 に記憶されている代表点それぞれについて、ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) を用いて代表点に対応する参照点を決定し、代表点と参照点の相関判定を行う。

20

## 【 0 0 8 0 】

ステップ S 2 7 において、相関判定部 6 4 は、相関判定の結果に基づいて、代表点メモリ 6 1 の代表点情報を更新する。即ち、相関判定部 6 4 は、代表点メモリ 6 1 の、相関が高いと判定された代表点情報を ‘ ‘ 1 ’ ’ から ‘ ‘ 0 ’ ’ に変更する。

## 【 0 0 8 1 】

ステップ S 2 8 において、代表点メモリ 6 1 は、相関判定部 6 4 による更新によって、‘ ‘ 1 ’ ’ から ‘ ‘ 0 ’ ’ に変更された代表点数 B を制御部 1 3 に供給して、通知する。

30

## 【 0 0 8 2 】

ステップ S 2 9 において、制御部 1 3 は、有意な候補ベクトルが検出されているかを判定する。具体的には、評価値テーブルの最大値 A が閾値 TH 1 よりも大であり、かつ、変更された代表点数 B が閾値 TH 2 よりも大であって、カウンタ i が N 回より少ない場合、制御部 1 3 は、有意な候補ベクトルが検出されていると判定する。即ち、検出された評価値テーブルの最大値 A がある程度大きく、同じベクトル (  $u$  ,  $v$  ) の画素が多く存在し、候補ベクトルの検出個数も所定個数 ( N 個 ) に満たない場合には、有意な候補ベクトルが検出されていると判定される。一方、評価値テーブルの最大値 A が小さいか、同じベクトル (  $u$  ,  $v$  ) の画素が少ないか、または、十分な個数 ( N 個 ) の候補ベクトルが既に検出されている場合には、有意な候補ベクトルが検出されていないと判定される。

40

## 【 0 0 8 3 】

ここで、ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) の検出個数の上限を設定する N の制約は、[ 背景技術 ] に記載の特許文献 1 , 2 等で提案した方法による候補ベクトルの抽出個数と異なり、抽出個数の最大値を設定できるようにしたものである。従って、判定条件における N の制約は省略することができる。

## 【 0 0 8 4 】

ステップ S 2 9 で、有意な候補ベクトルが検出されていると判定された場合、処理はステップ S 3 0 に進み、制御部 1 3 は、ピーク検出部 6 3 から供給された最大値 A に対応するベクトル (  $u$  ,  $v$  ) を候補ベクトルに決定する。

## 【 0 0 8 5 】

50

そして、ステップS 3 1において、制御部 1 3は、カウンタ  $i$  を 1 だけインクリメントして、処理をステップS 2 3に戻す。これにより、ステップS 2 3乃至S 2 9の処理が再度実行される。即ち、更新後の代表点情報に基づいて、評価値テーブルが再生成され、再生成された評価値テーブルのなかの最大値  $A$  が検出され、最大値  $A$  に対応するベクトル ( $u, v$ ) が抽出される。そして、ベクトル ( $u, v$ ) を用いて代表点と参照点の相関判定が行われ、相関判定の結果に基づいて、代表点情報が、再び更新される。

【 0 0 8 6 】

一方、ステップS 2 9で、有意な候補ベクトルが検出されていないと判定された場合、処理はステップS 3 2に進み、制御部 1 3は、ステップS 2 3乃至S 3 1のループ処理で順次決定された候補ベクトルを、候補ベクトル割当部 1 4に供給する。

10

【 0 0 8 7 】

ここで、最大値  $A$  または代表点数  $B$  の条件を満たさず、ループ処理が終了した場合には、検出された候補ベクトルの数は  $i$  個となり、 $N$  個の制限によりループ処理が終了した場合には、検出された候補ベクトルの数は  $N$  個となる。

【 0 0 8 8 】

以上のように、候補ベクトル抽出処理は、[ 背景技術 ] に記載の特許文献 1, 2 等で提案した候補ベクトル抽出処理のように、予め設定された個数の候補ベクトルを抽出するものではない。即ち、候補ベクトル抽出処理は、有意な候補ベクトルが存在すると判定される限り、候補ベクトルの抽出処理が繰り返され、候補ベクトルを、存在する数だけ過不足なく抽出することができる。

20

【 0 0 8 9 】

候補ベクトル割当部 1 4では、図 2 を参照して説明したように、候補ベクトル抽出部 1 2で抽出された有意な候補ベクトルのなかから、各画素の動きベクトルが決定される。従って、有意な候補ベクトルを、存在する数だけ過不足なく抽出することにより、誤検出の少ない高精度な動きベクトルの検出が可能となる。

【 0 0 9 0 】

[ 相関判定部 6 4 の詳細構成 ]

候補ベクトル抽出処理では、相関判定部 6 4によって、代表点メモリ 6 1に記憶されている代表点それぞれについて、候補ベクトル ( $u, v$ ) を用いた代表点と参照点の相関判定が行われる (図 8 のステップS 2 6の処理)。

30

【 0 0 9 1 】

そこで、次に、相関判定部 6 4が行う相関判定の詳細について説明する。

【 0 0 9 2 】

図 9 は、相関判定部 6 4の詳細な構成例を示すブロック図である。

【 0 0 9 3 】

相関判定部 6 4は、代表点近傍画素データ構築部 8 1、参照点近傍画素データ構築部 8 2、波形形状解析部 8 3、第 1 評価関数演算部 8 4、第 2 評価関数演算部 8 5、第 3 評価関数演算部 8 6、第 4 評価関数演算部 8 7、および統合判定部 8 8により構成される。

【 0 0 9 4 】

相関判定部 6 4は、候補ベクトル ( $u, v$ ) を用いて、代表点メモリ 6 1に記憶されている代表点情報に基づく基準フレームの各代表点と、それに対応する参照点の相関判定を行う。そして、相関判定部 6 4は、相関が高いと判定された代表点については、候補ベクトル ( $u, v$ ) が有意な代表点であるとして代表点メモリ 6 1の代表点情報から除外する。即ち、代表点メモリ 6 1の、相関が高いと判定された代表点の代表点情報が ‘ ‘ 0 ’ ’ に変更される。

40

【 0 0 9 5 】

ピーク検出部 6 3 (図 7) で検出される候補ベクトル ( $u, v$ ) は、上述したように整数値であるが、基準フレームと参照フレーム間の真の対応ベクトル (真の動きベクトル) は実数値である。即ち、候補ベクトル ( $u, v$ ) は整数精度であるのに対して、本来のオブジェクトの動きは実数精度である。そこで、相関判定部 6 4では、整数精度の候補ベク

50

トル (  $u$  ,  $v$  ) として検出したことによる 1 画素以下の画素ずれ ( 以下、画素以下ずれという。 ) を考慮するため、代表点および参照点の近傍の画素も用いて、代表点と参照点との相関判定が行われる。

【 0 0 9 6 】

代表点近傍画素データ構築部 8 1 は、代表点メモリ 6 1 に記憶されている基準フレームの各代表点に対し、代表点とその近傍の画素の画素データでなる代表点近傍画素データを構築する。構築された代表点を含む近傍の画素の画素データは、波形形状解析部 8 3、第 1 評価関数演算部 8 4、第 2 評価関数演算部 8 5、第 3 評価関数演算部 8 6、および第 4 評価関数演算部 8 7 に供給される。

【 0 0 9 7 】

参照点近傍画素データ構築部 8 2 は、参照フレームの参照点、即ち、代表点に対応する参照フレームの画素から候補ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) 先の画素と、その近傍の画素の画素データでなる参照点近傍画素データを構築する。構築された参照点を含む近傍の画素の画素データは、第 1 評価関数演算部 8 4、第 2 評価関数演算部 8 5、第 3 評価関数演算部 8 6、および第 4 評価関数演算部 8 7 に供給される。

【 0 0 9 8 】

代表点近傍画素データ構築部 8 1 と参照点近傍画素データ構築部 8 2 において、代表点または参照点の近傍の画素としては、図 5 を参照して説明した代表点選別部 1 1 と同様、右側、左側、上側、下側の画素が採用される。

【 0 0 9 9 】

波形形状解析部 8 3 は、代表点を中心とする水平方向および垂直方向それぞれの 3 画素の画素値を結んで形成される波形パターン ( 空間勾配の形状 ) を解析する。代表点選別部 1 1 では、空間勾配のある画素が代表点として選択されている。従って、代表点を中心とする水平方向または垂直方向のそれぞれで波形パターンをみたとき、波形パターンは、図 1 0 に示すように、右上がり、右下がり、上に凸、下に凸の、いずれかとなっている。波形形状解析部 8 3 は、代表点を中心とする水平方向および垂直方向それぞれの波形パターンが、右上がり、右下がり、上に凸、または下に凸の、いずれであるかを解析する。波形形状解析部 8 3 は、解析結果の、右上がり、右下がり、上に凸、または下に凸のいずれかの波形パターンの情報を、第 1 評価関数演算部 8 4、第 2 評価関数演算部 8 5、第 3 評価関数演算部 8 6、第 4 評価関数演算部 8 7、および統合判定部 8 8 に供給する。

【 0 1 0 0 】

第 1 評価関数演算部 8 4 は、波形パターンが、右上がり、右下がり、上に凸、または下に凸のいずれであるかに応じて異なる、代表点を中心とする 3 画素の画素値を用いた第 1 評価関数を演算し、演算結果を統合判定部 8 8 に供給する。演算結果は、1 ビットの情報で表される。ここで、第 1 評価関数は、水平方向と垂直方向のそれぞれでも異なり、水平方向の第 1 評価関数を  $F_1$ 、垂直方向の第 1 評価関数を  $G_1$  とする。

【 0 1 0 1 】

第 2 評価関数演算部 8 5 は、適用する評価関数が第 2 評価関数となる以外は、第 1 評価関数演算部 8 4 と同様である。即ち、第 2 評価関数演算部 8 5 は、波形パターンが、右上がり、右下がり、上に凸、または下に凸のいずれであるかに応じて異なる、代表点を中心とする 3 画素の画素値を用いた第 2 評価関数を演算し、1 ビットの演算結果を統合判定部 8 8 に供給する。第 2 評価関数は、水平方向と垂直方向のそれぞれでも異なり、水平方向の第 2 評価関数を  $F_2$ 、垂直方向の第 2 評価関数を  $G_2$  とする。

【 0 1 0 2 】

第 3 評価関数演算部 8 6 は、適用する評価関数が第 3 評価関数となる以外は、第 1 評価関数演算部 8 4 と同様である。第 4 評価関数演算部 8 7 は、適用する評価関数が第 4 評価関数となる以外は、第 1 評価関数演算部 8 4 と同様である。

【 0 1 0 3 】

統合判定部 8 8 は、第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 のそれぞれから供給される 1 ビットの演算結果を統合し、代表点と参照点の相関が高いか否かの最終判

10

20

30

40

50

定を行う。また、統合判定部 88 は、代表点メモリ 61 の、相関が高いと判定した代表点の代表点情報を ' 1 ' から ' 0 ' に変更する。

【 0104 】

[ 右上がりの場合の相関判定処理 ]

次に、図 11 を参照して、代表点を中心とする水平方向の 3 画素の波形パターンが右上がりである場合の相関判定処理の詳細について説明する。

【 0105 】

候補ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) は整数精度であるのに対して、本来のオブジェクトの動きは実数精度であるため、候補ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) により、代表点と参照点を重ね合わせても、代表点と参照点は基本的には一致しない。従って、代表点と参照点を重ね合わせた場合、代表点と参照点との間に 1 画素以下の画素ずれが生じる。この 1 画素以下の画素ずれ ( 以下、適宜、画素以下ずれという。 ) を  $s_x$  とすると、代表点と参照点の画素値にも、画素以下ずれ  $s_x$  による画素値ずれが生じる。画素以下ずれ  $s_x$  による画素値ずれを、フレーム間画素値差分  $d_t$  とする。このフレーム間画素値差分  $d_t$  は、画素以下ずれ  $s_x$  の方向によって、プラス側にずれる場合とマイナス側にずれる場合がある。

【 0106 】

図 11 は、代表点 (  $x$  ,  $y$  ) と、候補ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) 先の参照点 (  $x + u$  ,  $y + v$  ) を、相対的にずらして整数精度で重ねて示した図である。

【 0107 】

なお、図 11 では、代表点 (  $x$  ,  $y$  ) の画素値が  $P ( x , y )$  で、代表点 (  $x$  ,  $y$  ) の候補ベクトル (  $u$  ,  $v$  ) 先の参照フレームの参照点 (  $x + u$  ,  $y + v$  ) の画素値が  $Q ( x + u , y + v )$  で表されている。

【 0108 】

ただし、図 11 では、代表点を中心とする水平方向の波形だけを考慮すればよいので、 $y$  方向の座標は省略し、代表点と参照点の画素値をそれぞれ  $P ( x )$  、  $Q ( x + u )$  と表現した。図 11 の  $x$  軸は代表点と参照点の相対座標を表し、 $y$  軸は画素値 ( 画素レベル ) を表す。

【 0109 】

図 11 A は、画素以下ずれ  $s_x$  がプラス方向に存在する場合のフレーム間画素値差分  $d_t$  を示している。画素以下ずれ  $s_x$  がプラス方向に存在する場合、波形パターンが右上がりなので、代表点と参照点のフレーム間画素値差分  $d_t$  は、マイナス方向に発生する。

【 0110 】

従って、代表点を基準に参照点との関係を考えて、図 11 A に示されるように、代表点の画素値  $P ( x )$  は参照点の画素値  $Q ( x + u )$  と参照点の右側の画素の画素値  $Q ( x + u + 1 )$  に挟まれる関係にあるはずである。

【 0111 】

即ち、代表点の画素値  $P ( x )$  は、

$$P ( x ) \quad Q ( x + u ) \quad \&\& \quad P ( x ) \quad Q ( x + u + 1 ) \quad \dots \dots \dots ( 1$$

)

を満たす。

【 0112 】

また、参照点を基準に代表点との関係を考えて、参照点の画素値  $Q ( x + u )$  は代表点の画素値  $P ( x )$  と代表点の左側の画素の画素値  $P ( x - 1 )$  に挟まれる関係にあるはずである。

【 0113 】

即ち、参照点の画素値  $Q ( x + u )$  は、

$$Q ( x + u ) \quad P ( x - 1 ) \quad \&\& \quad Q ( x + u ) \quad P ( x ) \quad \dots \dots \dots ( 2$$

)

10

20

30

40

50

を満たす。

【0114】

そこで、第1評価関数演算部84は、水平方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(3)で表されるF1を演算する。

$$F1 = \{ P(x) \quad Q(x+u) \quad \&\& \quad P(x) \quad Q(x+u+1) \} ? 1 : 0$$

)

【0115】

式(3)によれば、第1評価関数演算部84は、{ }内の式(1)を満たす場合には、'1'を、満たさない場合には'0'を、演算結果として出力する。

10

【0116】

また、第2評価関数演算部85は、水平方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(4)で表されるF2を演算する。

$$F2 = \{ Q(x+u) \quad P(x-1) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x) \} ? 1 : 0$$

)

【0117】

式(4)によれば、第2評価関数演算部85は、{ }内の式(2)を満たす場合には、'1'を、満たさない場合には'0'を、演算結果として出力する。

20

【0118】

図11Bは、画素以下ずれs xがマイナス方向に存在する場合のフレーム間画素値差分d tを示している。画素以下ずれs xがマイナス方向に存在する場合、波形パターンが右上がりなので、代表点と参照点のフレーム間画素値差分d tは、プラス方向に発生する。

【0119】

従って、代表点を基準に参照点との関係を考えて、図11Bに示されるように、代表点の画素値P(x)は、参照点の左側の画素の画素値Q(x+u-1)と参照点の画素値Q(x+u)に挟まれる関係にあるはずである。

【0120】

即ち、代表点の画素値P(x)は、

$$P(x) \quad Q(x+u-1) \quad \&\& \quad P(x) \quad Q(x+u)$$

30

)

を満たす。

【0121】

また、参照点を基準に代表点との関係を考えて、参照点の画素値Q(x+u)は、代表点の画素値P(x)と代表点の右側の画素の画素値P(x+1)に挟まれる関係にあるはずである。

【0122】

即ち、参照点の画素値Q(x+u)は、

$$Q(x+u) \quad P(x) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x+1)$$

40

)

を満たす。

【0123】

そこで、第3評価関数演算部86は、水平方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(7)で表されるF3を演算する。

$$F3 = \{ P(x) \quad Q(x+u-1) \quad \&\& \quad P(x) \quad Q(x+u) \} ? 1 : 0$$

)

【0124】

50



式(7)によれば、第3評価関数演算部86は、{ }内の式(5)を満たす場合には、' '1' ' 'を、満たさない場合には' '0' ' 'を、演算結果として出力する。

【0125】

また、第4評価関数演算部87は、水平方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(8)で表されるF4を演算する。

$$F4 = \{ Q(x+u) \quad P(x) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x+1) \} ? 1 : 0$$

. . . . . (8)

)

【0126】

式(8)によれば、第4評価関数演算部87は、{ }内の式(6)を満たす場合には、' '1' ' 'を、満たさない場合には' '0' ' 'を、演算結果として出力する。

10

【0127】

以上は、水平方向の波形のみについてであり、垂直方向の波形について、F1乃至F4のxをyに置き換え、uをvに置き換えたG1乃至G4の式が成り立つ。

【0128】

即ち、第1評価関数演算部84は、垂直方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(9)のG1を演算する。

$$G1 = \{ P(y) \quad Q(y+v) \quad \&\& \quad P(y) \quad Q(y+v+1) \} ? 1 : 0$$

. . . . . (9)

)

20

【0129】

第2評価関数演算部85は、垂直方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(10)のG2を演算する。

$$G2 = \{ Q(y+v) \quad P(y-1) \quad \&\& \quad Q(y+v) \quad P(y) \} ? 1 : 0$$

. . . . . (10)

)

【0130】

第3評価関数演算部86は、垂直方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(11)のG3を演算する。

$$G3 = \{ P(y) \quad Q(y+v-1) \quad \&\& \quad P(y) \quad Q(y+v) \} ? 1 : 0$$

. . . . . (11)

30

【0131】

第4評価関数演算部87は、垂直方向の波形パターンが右上がりである場合、次式(12)のG4を演算する。

$$G4 = \{ Q(y+v) \quad P(y) \quad \&\& \quad Q(y+v) \quad P(y+1) \} ? 1 : 0$$

. . . . . (12)

【0132】

水平方向および垂直方向の波形パターンが右上がりである場合、統合判定部88には、以上のようなF1乃至F4とG1乃至G4の演算結果が供給される。

【0133】

40

次に、統合判定部88の統合判定について説明する。

【0134】

水平方向については、代表点を基準に考えても、参照点を基準に考えてもよい。従って、上述のF1かまたはF2の一方が成立すればよく、F3とF4についてもいずれか一方が成立すればよい。また、上述の式には等しい場合も含まれているので、プラス方向(F1またはF2)か、または、マイナス方向(F3またはF4)のどちらかは成立するはずである。従って、統合判定部88は、水平方向についての統合判定として、次式(13)の統合関数Fを演算する。

【0135】

$$F = \{ (F1 \mid F2) \text{ xor } (F3 \mid F4) \} ? 1 : 0$$

50

．．．．． ( 1 3 )

【 0 1 3 6 】

式 ( 1 3 ) の ‘ ‘ xor ’ ’ は、排他的論理和を表す。

【 0 1 3 7 】

垂直方向についても同様に、統合判定部 8 8 は、垂直方向の統合判定として、次式 ( 1 4 ) の統合関数 G を演算する。

$$G = \{ ( G 1 \mid G 2 ) \text{ xor } ( G 3 \mid G 4 ) \} ? 1 : 0$$

．．．．． ( 1 4

)

【 0 1 3 8 】

10

次に、統合判定部 8 8 は、水平方向と垂直方向を統合した最終判定を行う。

【 0 1 3 9 】

代表点と参照点が画像として対応関係がとれている場合、水平方向と垂直方向のどちらも相関があるはずである。従って、統合判定部 8 8 は、最終的な相関判定として、次式 ( 1 5 ) の統合関数 H を演算する。

$$H = F \& G$$

．．．．． ( 1 5

)

【 0 1 4 0 】

式 ( 1 5 ) は、F と G の両方が ‘ ‘ 1 ’ ’ である場合のみ演算結果が ‘ ‘ 1 ’ ’ となり、それ以外は ‘ ‘ 0 ’ ’ となる演算式である。

20

【 0 1 4 1 】

統合判定部 8 8 は、次式 ( 1 5 ) の統合関数 H の演算結果から、代表点と参照点の相関が高いと判定した場合、即ち、統合関数 H の演算結果が ‘ ‘ 1 ’ ’ である場合、代表点メモリ 6 1 の、相関が高いと判定した代表点の代表点情報を ‘ ‘ 1 ’ ’ から ‘ ‘ 0 ’ ’ に変更する。

【 0 1 4 2 】

[ 右下がりの場合の相関判定処理 ]

次に、代表点を中心とする水平方向の 3 画素の波形パターンが右下がりである場合の相関判定処理について説明する。

30

【 0 1 4 3 】

図 1 2 は、波形パターンが右下がりである場合について、図 1 1 と同様に、代表点と参照点を整数精度で重ねて示した図である。

【 0 1 4 4 】

水平方向の波形パターンが右下がりであり、画素以下ずれ s x がプラス方向に存在する場合、代表点を基準とする参照点との関係から、第 1 評価関数演算部 8 4 は、次式 ( 1 6 ) の F 1 を演算する。

$$F 1 = \{ P ( x ) \quad Q ( x + u + 1 ) \quad \&\& \quad P ( x ) \quad Q ( x + u ) \} ? 1 : 0$$

．．．．． ( 1 6

)

40

【 0 1 4 5 】

また、第 2 評価関数演算部 8 5 は、水平方向の波形パターンが右下がりであり、画素以下ずれ s x がプラス方向に存在する場合、参照点を基準とする代表点との関係から、次式 ( 1 7 ) の F 2 を演算する。

$$F 2 = \{ Q ( x + u ) \quad P ( x ) \quad \&\& \quad Q ( x + u ) \quad P ( x - 1 ) \} ? 1 : 0$$

．．．．． ( 1 7

)

【 0 1 4 6 】

第 3 評価関数演算部 8 6 は、水平方向の波形パターンが右下がりであり、画素以下ずれ s x がマイナス方向に存在する場合、代表点を基準とする参照点との関係から、次式 ( 1

50

8) の F 3 を演算する。

$$F 3 = \{ P(x) \quad Q(x+u) \quad \&\& \quad P(x) \quad Q(x+u-1) \} ? 1 : 0$$

. . . . . ( 1 8

)

【 0 1 4 7 】

第 4 評価関数演算部 8 7 は、水平方向の波形パターンが右下がりであり、画素以下ずれ s x がマイナス方向に存在する場合、参照点を基準とする代表点との関係から、次式 ( 1 9 ) の F 4 を演算する。

$$F 4 = \{ Q(x+u) \quad P(x+1) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x) \} ? 1 : 0$$

. . . . . ( 1 9

10

)

【 0 1 4 8 】

垂直方向の波形についても、F 1 乃至 F 4 の x を y に置き換え、u を v に置き換えた G 1 乃至 G 4 の式が成り立つ。そして、水平方向および垂直方向の波形パターンが右下がりである場合、統合判定部 8 8 は、式 ( 1 3 ) と式 ( 1 4 ) を演算し、さらに、その演算結果を用いて式 ( 1 5 ) を演算する。

【 0 1 4 9 】

[ 下に凸の場合の相関判定処理 ]

次に、代表点を中心とする水平方向の 3 画素の波形パターンが下に凸である場合の相関判定処理について説明する。

20

【 0 1 5 0 】

図 1 3 は、波形パターンが下に凸である場合について、図 1 1 と同様に、代表点と参照点を整数精度で重ねて示した図である。

【 0 1 5 1 】

水平方向の波形が下に凸であり、画素以下ずれ s x がプラス方向に存在する場合、代表点を基準に参照点との関係を考えて、代表点の画素値 P ( x ) は、参照フレームの画素値に挟まれる関係にはない。従って、第 1 評価関数演算部 8 4 は、F 1 の演算を行わない。

【 0 1 5 2 】

一方、水平方向の波形が下に凸であり、画素以下ずれ s x がプラス方向に存在する場合、参照点を基準とする代表点との関係から、第 2 評価関数演算部 8 5 は、次式 ( 2 0 ) の F 2 を演算する。

30

$$F 2 = \{ Q(x+u) \quad P(x) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x+1) \} ? 1 : 0$$

. . . . . ( 2 0

)

【 0 1 5 3 】

次に、水平方向の波形が下に凸であり、画素以下ずれ s x がマイナス方向に存在する場合で、代表点を基準に参照点との関係を考えて、代表点の画素値 P ( x ) は、参照フレームの画素値に挟まれる関係にはない。従って、第 3 評価関数演算部 8 6 は、F 3 の演算を行わない。

40

【 0 1 5 4 】

一方、水平方向の波形が下に凸であり、画素以下ずれ s x がマイナス方向に存在する場合、参照点を基準とする代表点との関係から、第 4 評価関数演算部 8 7 は、次式 ( 2 1 ) の F 4 を演算する。

$$F 4 = \{ Q(x+u) \quad P(x) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x-1) \} ? 1 : 0$$

. . . . . ( 2 1

)

【 0 1 5 5 】

垂直方向の波形についても、F 2 と F 4 の x を y に置き換え、u を v に置き換えた G 2 と G 4 の式が成り立つ。そして、水平方向および垂直方向の波形パターンが下に凸である

50

場合、統合判定部 88 は、式 (13) と式 (14) に代えて、式 (22) と式 (23) を演算し、その演算結果を用いて式 (15) を演算する。

【0156】

$$F = \{ (F2) \text{ or } (F4) \} ? 1 : 0 \quad \dots \dots \dots (22)$$

$$G = \{ (G2) \text{ or } (G4) \} ? 1 : 0 \quad \dots \dots \dots (23)$$

【0157】

式 (13) と式 (14) は、水平方向および垂直方向の波形が下に凸である場合には、F1 と F3 および G1 と G3 が存在しないこと、F2 と F4、または、G2 と G4 は両方満たす場合もあり得ること、の 2 点の理由から、式 (22) と式 (23) のように表すことができる。

【0158】

[ 上に凸の場合の相関判定処理 ]

次に、代表点を中心とする水平方向の 3 画素の波形パターンが上に凸である場合の相関判定処理について説明する。

【0159】

図 14 は、波形パターンが上に凸である場合について、図 11 と同様に、代表点と参照点を整数精度で重ねて示した図である。

【0160】

水平方向の波形が上に凸であり、画素以下ずれ  $s \times$  がプラス方向に存在する場合、代表点を基準に参照点との関係を考えて、代表点の画素値  $P(x)$  は、参照フレームの画素値に挟まれる関係にはない。従って、波形パターンが下に凸である場合と同様に、第 1 評価関数演算部 84 は、F1 の演算を行わない。

【0161】

一方、水平方向の波形が上に凸であり、画素以下ずれ  $s \times$  がプラス方向に存在する場合、参照点を基準とする代表点との関係から、第 2 評価関数演算部 85 は、次式 (24) の F2 を演算する。

$$F2 = \{ Q(x+u) \quad P(x+1) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x) \} ? 1 : 0 \quad \dots \dots \dots (24)$$

【0162】

次に、水平方向の波形が上に凸であり、画素以下ずれ  $s \times$  がマイナス方向に存在する場合で、代表点を基準に参照点との関係を考えて場合、代表点の画素値  $P(x)$  は、参照フレームの画素値に挟まれる関係にはない。従って、第 3 評価関数演算部 86 は、波形パターンが下に凸である場合と同様に、F3 の演算を行わない。

【0163】

一方、水平方向の波形が上に凸であり、画素以下ずれ  $s \times$  がマイナス方向に存在する場合、参照点を基準とする代表点との関係から、第 4 評価関数演算部 87 は、次式 (25) の F4 を演算する。

$$F4 = \{ Q(x+u) \quad P(x-1) \quad \&\& \quad Q(x+u) \quad P(x) \} ? 1 : 0 \quad \dots \dots \dots (25)$$

【0164】

垂直方向の波形についても、F2 と F4 の  $x$  を  $y$  に置き換え、 $u$  を  $v$  に置き換えた G2 と G4 の式が成り立つ。そして、水平方向および垂直方向の波形パターンが上に凸である場合、統合判定部 88 は、波形パターンが下に凸である場合と同様に、式 (22) と式 (23) を演算し、その演算結果を用いて式 (15) を演算する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 6 5 】

図 1 5 は、水平方向についての第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 の評価関数 F 1 乃至 F 4 をまとめたものである。

## 【 0 1 6 6 】

なお、図 1 5 の評価関数 F 1 乃至 F 4 は、画像データのノイズ等を考慮して、マージン  $th$  を含めた式となっている。

## 【 0 1 6 7 】

垂直方向についての評価関数 G 1 乃至 G 4 は、F 1 乃至 F 4 の  $x$  を  $y$  に置き換え、 $u$  を  $v$  に置き換えたものであるので、図示は省略する。

## 【 0 1 6 8 】

以上のように、相関判定部 6 4 は、代表点の画素値が参照点の近傍の画素の画素値に挟まれる関係にあるか、または、参照点の画素値が代表点の近傍の画素の画素値に挟まれる関係にあるという条件を満たすか否かにより、代表点と参照点との相関判定を行う。

## 【 0 1 6 9 】

## [ 相関判定処理フロー ]

次に、図 1 6 のフローチャートを参照して、相関判定部 6 4 による、代表点メモリ 6 1 に記憶されている代表点の 1 つに対する相関判定処理について説明する。

## 【 0 1 7 0 】

初めに、ステップ S 4 1 において、代表点近傍画素データ構築部 8 1 は、代表点メモリ 6 1 に記憶されている代表点の 1 つを取得し、取得した代表点とその近傍の画素の画素データでなる代表点近傍画素データを構築する。

## 【 0 1 7 1 】

ステップ S 4 2 において、参照点近傍画素データ構築部 8 2 は、参照フレームの参照点とその近傍の画素の画素データでなる参照点近傍画素データを構築する。

## 【 0 1 7 2 】

ステップ S 4 3 において、波形形状解析部 8 3 は、代表点近傍の波形パターンを、水平方向および垂直方向それぞれについて解析する。即ち、波形形状解析部 8 3 は、代表点を中心とする水平方向および垂直方向それぞれの 3 画素の画素値を結んで形成される波形パターンを解析する。解析結果は、第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 と統合判定部 8 8 に供給される。

## 【 0 1 7 3 】

ステップ S 4 4 において、第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 は、水平方向の波形パターンが右上がりであるかを判定する。ステップ S 4 4 で、水平方向の波形パターンが右上がりであると判定された場合、処理はステップ S 4 5 に進み、第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 は、波形パターンが右上がりであるときの評価関数 F 1 乃至 F 4 を演算する。具体的には、第 1 評価関数演算部 8 4 は式 ( 3 ) の F 1 を、第 2 評価関数演算部 8 5 は式 ( 4 ) の F 2 を、第 3 評価関数演算部 8 6 は式 ( 7 ) の F 3 を、第 4 評価関数演算部 8 7 は式 ( 8 ) の F 4 を、それぞれ演算する。その後、統合判定部 8 8 は、式 ( 1 3 ) の統合関数  $F = \{ (F 1 \mid F 2) \text{ xor } (F 3 \mid F 4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

## 【 0 1 7 4 】

一方、ステップ S 4 4 で、水平方向の波形パターンが右上がりではないと判定された場合、処理はステップ S 4 6 に進み、第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 は、水平方向の波形パターンが右下がりであるかを判定する。ステップ S 4 6 で、水平方向の波形パターンが右下がりであると判定された場合、処理はステップ S 4 7 に進み、第 1 評価関数演算部 8 4 乃至第 4 評価関数演算部 8 7 は、波形パターンが右下がりであるときの評価関数 F 1 乃至 F 4 を演算する。具体的には、第 1 評価関数演算部 8 4 は式 ( 1 6 ) の F 1 を、第 2 評価関数演算部 8 5 は式 ( 1 7 ) の F 2 を、第 3 評価関数演算部 8 6 は式 ( 1 8 ) の F 3 を、第 4 評価関数演算部 8 7 は式 ( 1 9 ) の F 4 を、それぞれ演算する。その後、統合判定部 8 8 は、式 ( 1 3 ) の統合関数  $F = \{ (F 1 \mid F 2) \text{ xor } (F 3 \mid$

10

20

30

40

50

$F4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

【0175】

一方、ステップS46で、水平方向の波形パターンが右下がりではないと判定された場合、処理はステップS48に進み、第1評価関数演算部84乃至第4評価関数演算部87は、水平方向の波形パターンが下に凸であるかを判定する。ステップS48で、水平方向の波形パターンが下に凸であると判定された場合、処理はステップS49に進み、第2評価関数演算部85および第4評価関数演算部87は、波形パターンが下に凸であるときの評価関数F2およびF4を演算する。具体的には、第2評価関数演算部85は式(20)のF2を、第4評価関数演算部87は式(21)のF4を、それぞれ演算する。その後、統合判定部88は、式(22)の統合関数  $F = \{ (F2) \text{ or } (F4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

10

【0176】

一方、ステップS48で、水平方向の波形パターンが下に凸ではないと判定された場合、即ち、水平方向の波形パターンが上に凸である場合、処理はステップS50に進む。ステップS50において、第2評価関数演算部85および第4評価関数演算部87は、波形パターンが上に凸であるときの評価関数F2およびF4を演算する。具体的には、第2評価関数演算部85は式(24)のF2を、第4評価関数演算部87は式(25)のF4を、それぞれ演算する。その後、統合判定部88は、式(22)の統合関数  $F = \{ (F2) \text{ or } (F4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

【0177】

20

ステップS45, S47, S49、またはS50の処理後、ステップS51において、第1評価関数演算部84乃至第4評価関数演算部87は、垂直方向の波形パターンが右上がりであるかを判定する。ステップS51で、垂直方向の波形パターンが右上がりであると判定された場合、処理はステップS52に進み、第1評価関数演算部84乃至第4評価関数演算部87は、波形パターンが右上がりであるときの評価関数G1乃至G4を演算する。その後、統合判定部88は、式(14)の統合関数  $G = \{ (G1 | G2) \text{ xor } (G3 | G4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

【0178】

一方、ステップS51で、垂直方向の波形パターンが右上がりではないと判定された場合、処理はステップS53に進み、第1評価関数演算部84乃至第4評価関数演算部87は、垂直方向の波形パターンが右下がりであるかを判定する。ステップS53で、垂直方向の波形パターンが右下がりであると判定された場合、処理はステップS54に進み、第1評価関数演算部84乃至第4評価関数演算部87は、波形パターンが右下がりであるときの評価関数G1乃至G4を演算する。その後、統合判定部88は、式(14)の統合関数  $G = \{ (G1 | G2) \text{ xor } (G3 | G4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

30

【0179】

一方、ステップS53で、垂直方向の波形パターンが右下がりではないと判定された場合、処理はステップS55に進み、第1評価関数演算部84乃至第4評価関数演算部87は、垂直方向の波形パターンが下に凸であるかを判定する。ステップS55で、垂直方向の波形パターンが下に凸であると判定された場合、処理はステップS56に進み、第2評価関数演算部85および第4評価関数演算部87は、波形パターンが下に凸であるときの評価関数G2およびG4を演算する。その後、統合判定部88は、式(23)の統合関数  $G = \{ (G2) \text{ or } (G4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

40

【0180】

一方、ステップS55で、垂直方向の波形パターンが下に凸ではないと判定された場合、即ち、垂直方向の波形パターンが上に凸である場合、処理はステップS57に進む。ステップS57において、第2評価関数演算部85および第4評価関数演算部87は、波形パターンが上に凸であるときの評価関数G2およびG4を演算する。その後、統合判定部88は、式(23)の統合関数  $G = \{ (G2) \text{ or } (G4) \} ? 1 : 0$  を演算する。

【0181】

50

なお、水平方向の波形パターンが下に凸または上に凸である場合、第1評価関数演算部84および第3評価関数演算部86は演算しないが、演算結果が $F_1 = 0$ 、 $F_3 = 0$ となる関数をダミーとして演算させてもよい。

【0182】

ステップS52、S54、S56、またはS57の処理後、ステップS58において、統合判定部88は、最終的な相関判定として式(15)の統合関数 $H = F \& G$ を演算する。統合関数Hの演算結果が「1」である場合、相関判定結果は代表点と参照点の相関が高いことを表し、演算結果が「0」である場合、相関判定結果は代表点と参照点の相関が低いことを表す。

【0183】

図8のステップS26では、図16の相関判定処理が、代表点メモリ61に記憶されている代表点それぞれに対して行われる。

【0184】

代表点がエッジ部など空間勾配の大きい箇所である場合には、フレーム間画素値差分 $d_t$ は、1画素以下の画素ずれであっても非常に大きな値となることがある。従って、代表点と参照点の相関判定を予め設定した閾値で判断することは難しい。

【0185】

画像処理装置1の相関判定処理では、代表点とその近傍の画素からなる代表点近傍画素データと、参照点とその近傍の画素からなる参照点近傍画素データに基づいた適応的な相関判定を行う。即ち、代表点の画素値が、参照点の近傍の画素の画素値に挟まれる関係にあるか、または、参照点の画素値が、代表点の近傍の画素の画素値に挟まれる関係にあるという条件を満たすか否かにより相関判定を行う。これにより、高精度な相関判定を行うことができる。

【0186】

そして、高精度な相関判定の結果に基づいて、代表点メモリ61の代表点を選別されて代表点情報が更新され、更新後に残存する代表点について再度評価値テーブルが生成されるので、更新後に生成される評価値テーブルも信頼度の高いものとなる。従って、高精度なベクトル検出が可能である。

【0187】

[候補ベクトル割当部14の候補ベクトル割当処理]

次に、候補ベクトル割当部14の候補ベクトル割当処理について説明する。この処理は、図2のステップS3で行われる処理に相当する。

【0188】

図17は、候補ベクトル割当部14が行う候補ベクトル割当処理の概念図を示している。

【0189】

図17では、3つの候補ベクトル $V_1$ 、 $V_2$ 、および $V_3$ が、制御部13から供給された例が示されている。

【0190】

候補ベクトル割当部14は、基準フレームの所定の画素を、動きベクトルを決定する画素として注目する注目画素に設定する。そして、候補ベクトル割当部14は、注目画素を中心として予め決められたブロックサイズからなる、注目ブロックを構築する。図17の例では、注目画素を中心として、水平方向3画素、垂直方向3画素からなるブロックで、注目ブロックが構築されている。

【0191】

そして、候補ベクトル割当部14は、候補ベクトル $V_1$ 、 $V_2$ 、および $V_3$ のそれぞれについて、注目ブロックに対応する検査ブロックを参照フレームに設定する。検査ブロックは、注目ブロックと同サイズのブロックで構成される。

【0192】

図17では、候補ベクトル $V_1$ 、 $V_2$ 、および $V_3$ に対する、検査ブロック $BL_{V_1}$ 、 $B$

10

20

30

40

50

$L_{V2}$ 、および  $B L_{V3}$  が示されている。

【0193】

候補ベクトル割当部 14 は、検査ブロック  $B L_{V1}$ 、 $B L_{V2}$ 、および  $B L_{V3}$  それぞれと注目ブロックとでブロックマッチングを行う。これにより、候補ベクトル割当部 14 は、制御部 13 から供給された候補ベクトル  $V1$ 、 $V2$ 、および  $V3$  のなかで、注目画素に最適な候補ベクトルを決定する。そして、候補ベクトル割当部 14 は、決定された最適な候補ベクトルを、注目画素の動きベクトルに決定し、出力する。

【0194】

図 18 は、候補ベクトル割当部 14 による候補ベクトル割当処理のフローチャートを示している。

10

【0195】

候補ベクトル割当処理では、最初に、候補ベクトル割当部 14 は、ステップ S81 において、制御部 13 から供給された全ての候補ベクトルを取得する。

【0196】

ステップ S82 において、候補ベクトル割当部 14 は、基準フレームの所定の画素を注目画素に設定する。

【0197】

ステップ S83 において、候補ベクトル割当部 14 は、注目画素を中心として予め決められたブロックサイズからなる注目ブロックを基準フレームに設定し、注目ブロックの画素データを構築する。

20

【0198】

ステップ S84 において、候補ベクトル割当部 14 は、取得された全ての候補ベクトルについて、注目ブロックに対応する検査ブロックを参照フレームに設定し、設定した検査ブロックそれぞれの画素データを構築する。

【0199】

ステップ S85 において、候補ベクトル割当部 14 は、それぞれの検査ブロックと注目ブロックとでブロックマッチングを行うことにより、制御部 13 から供給された全ての候補ベクトルのなかで、注目画素に最適な候補ベクトルを決定する。

【0200】

たとえば、候補ベクトル割当部 14 は、検査ブロックと注目ブロックの対応する画素どうしの画素値の差分絶対値総和を評価値として計算し、計算された評価値が最小となる検査ブロックの候補ベクトルを、注目画素に最適な候補ベクトルに決定する。

30

【0201】

ステップ S86 において、候補ベクトル割当部 14 は、最適な候補ベクトルとして決定した候補ベクトルを、注目画素の動きベクトルに決定し、出力する。

【0202】

ステップ S87 において、候補ベクトル割当部 14 は、基準フレームの全ての画素を注目画素に設定したかを判定する。ステップ S87 で、基準フレームの全ての画素をまだ注目画素に設定していないと判定された場合、処理はステップ S82 に戻る。ステップ S82 では、まだ注目画素に設定されていない基準フレームの画素が注目画素に設定され、ステップ S82 以降の処理が再度実行される。

40

【0203】

一方、ステップ S87 で、基準フレームの全ての画素を注目画素に設定したと判定された場合、処理は終了する。

【0204】

以上のように、候補ベクトル割当部 14 では、制御部 13 から供給された複数の候補ベクトルを用いて、基準フレームの各画素の動きベクトルが決定され、出力される。

【0205】

なお、図 18 の処理では、基準フレームの全画素を注目画素とすることにより、基準フレームの各画素の動きベクトルを決定するようにした。しかしながら、上述したように、

50



基準フレームを複数のブロックに分割し、分割されたブロック単位で動きベクトルを決定するようにしてもよい。

【 0 2 0 6 】

また、図 1 8 の処理では、ブロックマッチングの評価値として、対応する画素どうしの画素値の差分絶対値総和を計算するようにしたが、評価値には、その他の演算結果、たとえば、差分絶対値二乗和などを用いることもできる。さらに、評価値として、正規化相互相関を用いた場合には、評価値が最大となる検査ブロックの候補ベクトルを、注目画素に最適な候補ベクトルとすることができる。

【 0 2 0 7 】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータにインストールされる。ここで、コンピュータには、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータや、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどが含まれる。

【 0 2 0 8 】

図 1 9 は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【 0 2 0 9 】

コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 2 0 1 , ROM (Read Only Memory) 2 0 2 , RAM (Random Access Memory) 2 0 3 は、バス 2 0 4 により相互に接続されている。

【 0 2 1 0 】

バス 2 0 4 には、さらに、入出力インタフェース 2 0 5 が接続されている。入出力インタフェース 2 0 5 には、入力部 2 0 6 、出力部 2 0 7 、記憶部 2 0 8 、通信部 2 0 9 、及びドライブ 2 1 0 が接続されている。

【 0 2 1 1 】

入力部 2 0 6 は、キーボード、マウス、マイクロホンなどよりなる。出力部 2 0 7 は、ディスプレイ、スピーカなどよりなる。記憶部 2 0 8 は、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる。通信部 2 0 9 は、ネットワークインタフェースなどよりなる。ドライブ 2 1 0 は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体 2 1 1 を駆動する。

【 0 2 1 2 】

以上のように構成されるコンピュータでは、CPU 2 0 1 が、例えば、記憶部 2 0 8 に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース 2 0 5 及びバス 2 0 4 を介して、RAM 2 0 3 にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

【 0 2 1 3 】

コンピュータ (CPU 2 0 1 ) が実行するプログラムは、例えば、パッケージメディア等としてのリムーバブル記録媒体 2 1 1 に記録して提供することができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することができる。

【 0 2 1 4 】

コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記録媒体 2 1 1 をドライブ 2 1 0 に装着することにより、入出力インタフェース 2 0 5 を介して、記憶部 2 0 8 にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部 2 0 9 で受信し、記憶部 2 0 8 にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM 2 0 2 や記憶部 2 0 8 に、あらかじめインストールしておくことができる。

【 0 2 1 5 】

なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたと

10

20

30

40

50

き等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

【0216】

本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【符号の説明】

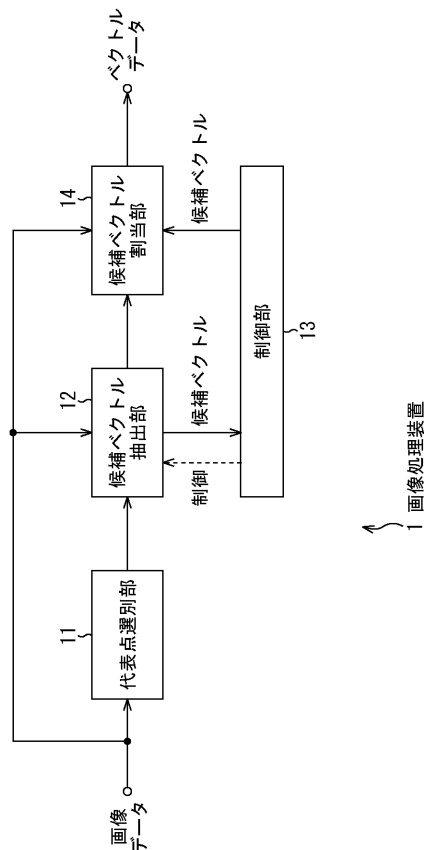
【0217】

1 画像処理装置, 11 代表点選別部, 12 候補ベクトル抽出部, 13 制御部, 14 候補ベクトル割当部, 61 代表点メモリ, 62 評価値テーブル生成部, 63 ピーク検出部, 64 相関判定部, 81 代表点近傍画素データ構築部, 82 参照点近傍画素データ構築部, 83 波形形状解析部, 84 第1評価関数演算部, 85 第2評価関数演算部, 86 第3評価関数演算部, 87 第4評価関数演算部, 88 統合判定部

10

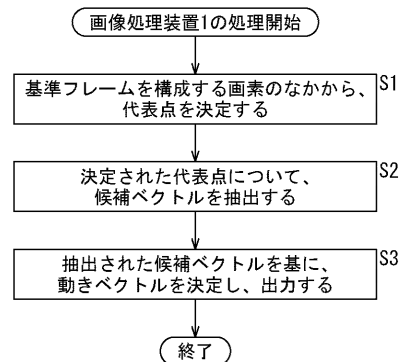
【図1】

図1

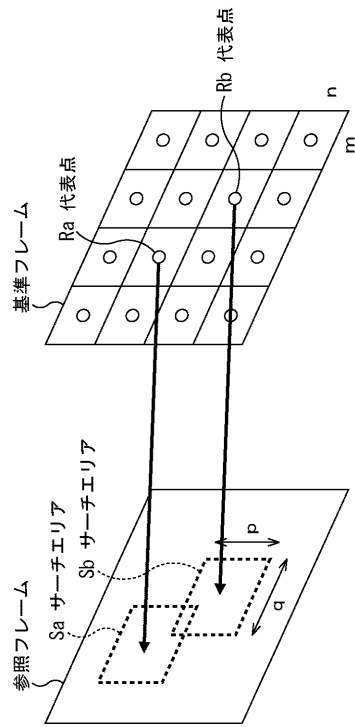


【図2】

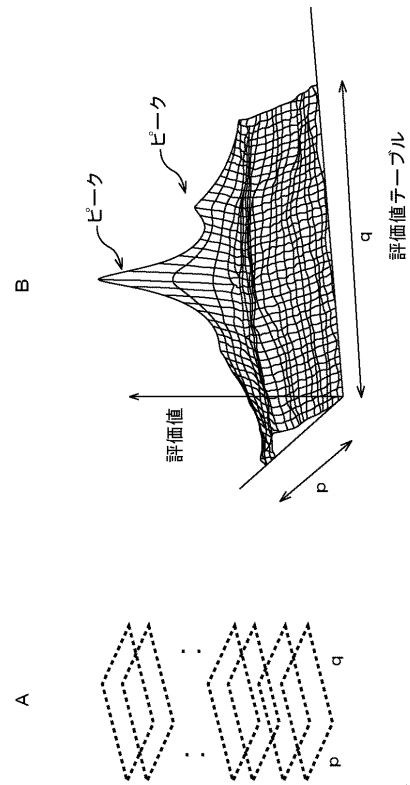
図2



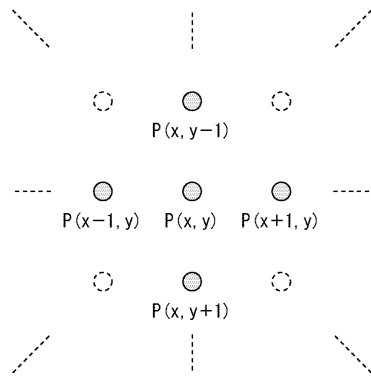
【図 3】  
図3



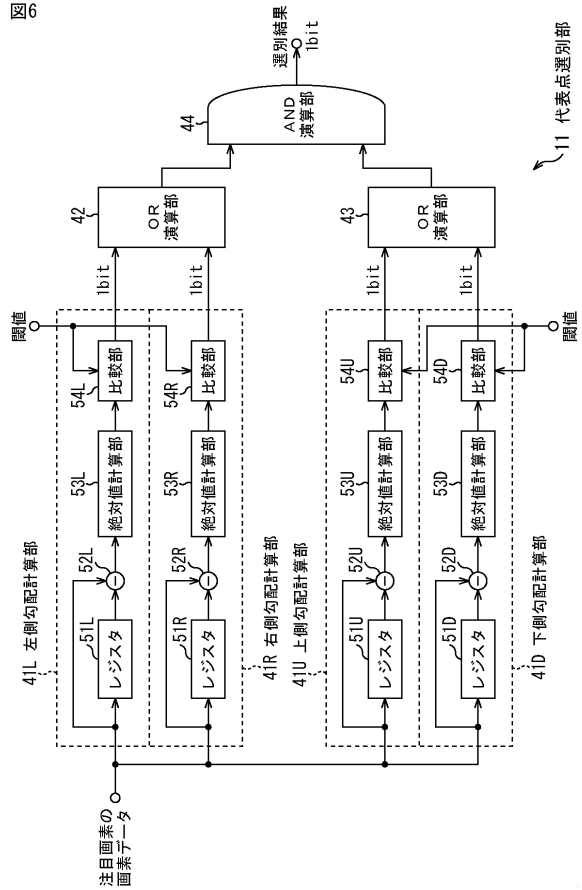
【図 4】  
図4



【図 5】  
図5

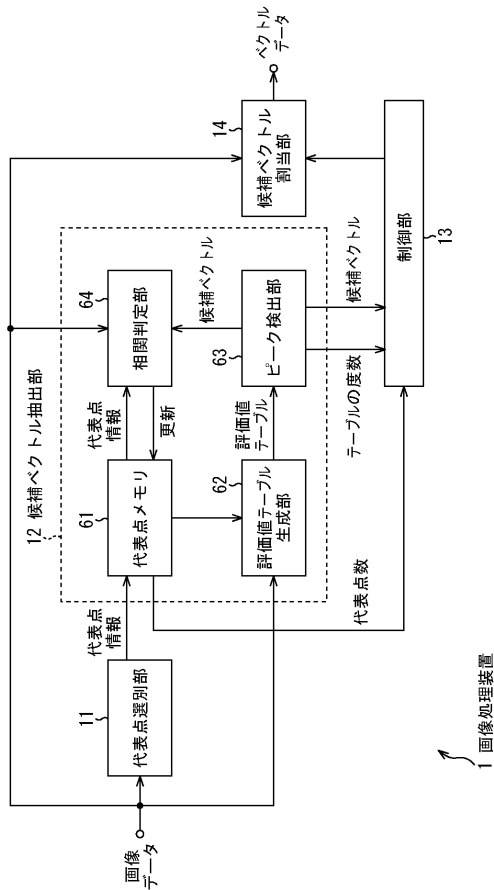


【図 6】  
図6



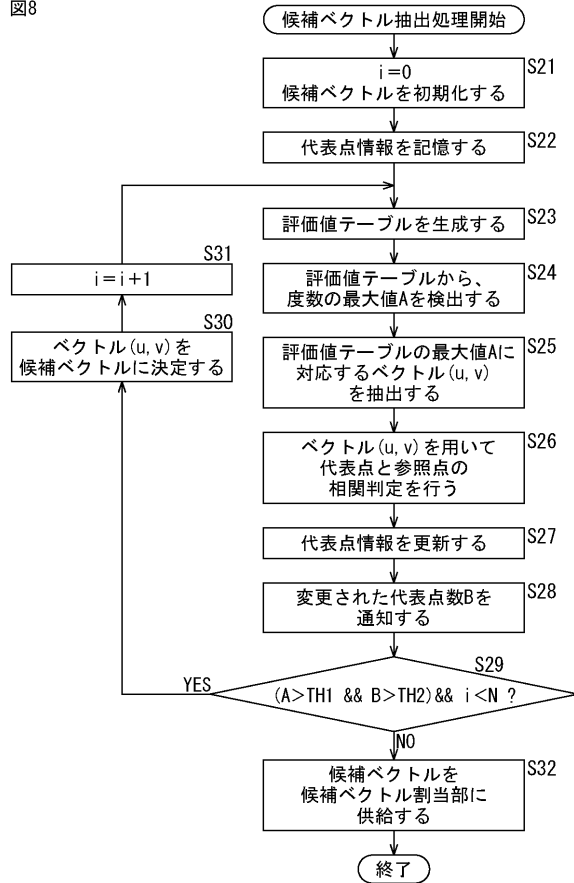
【図 7】

図7



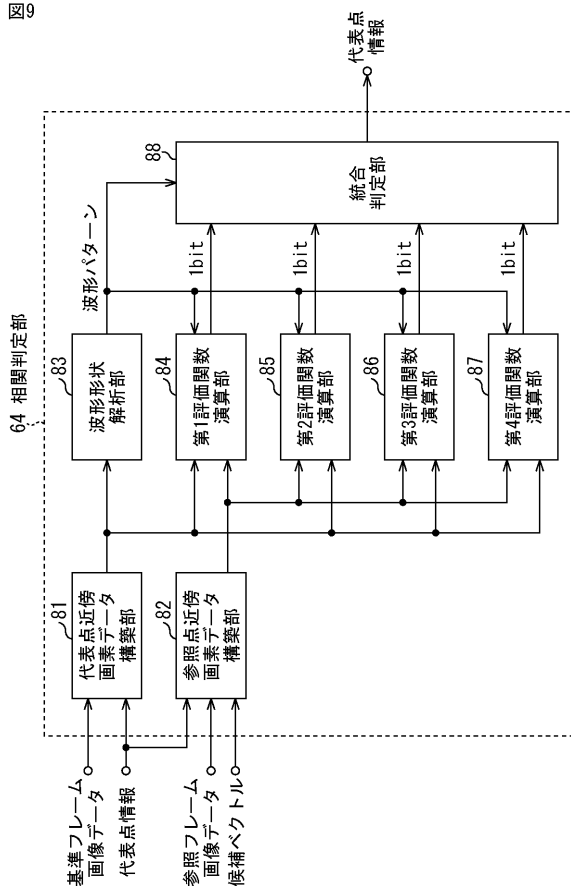
【図 8】

図8



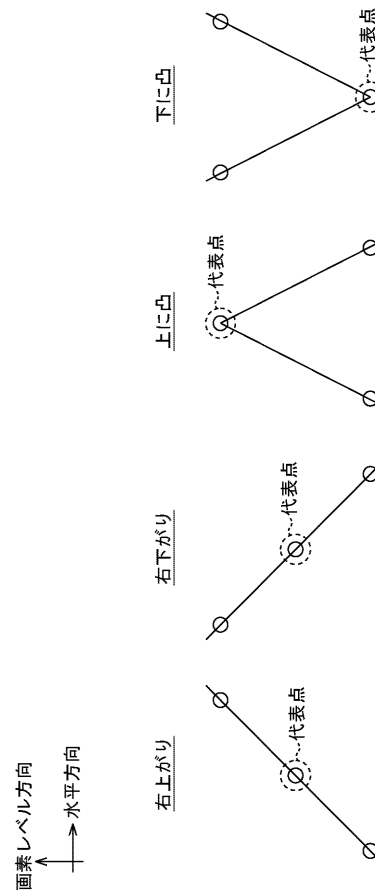
【図 9】

図9



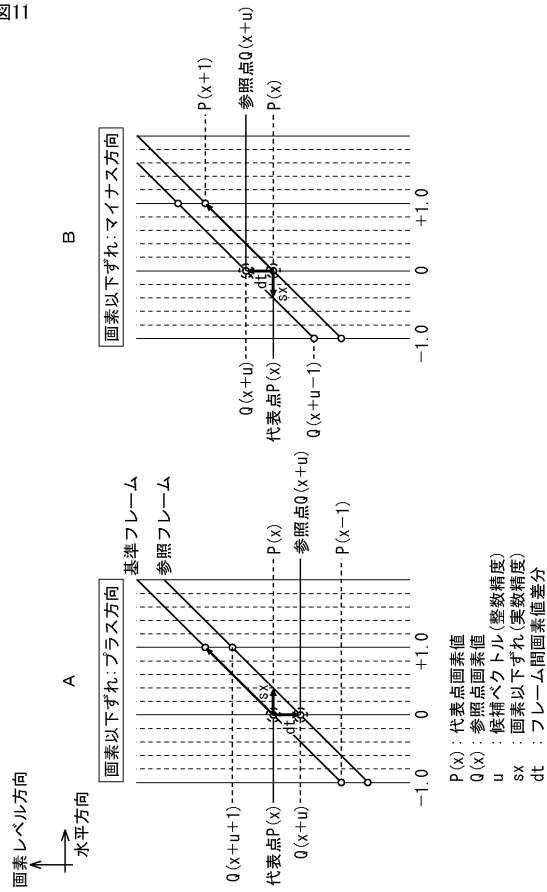
【図 10】

図10



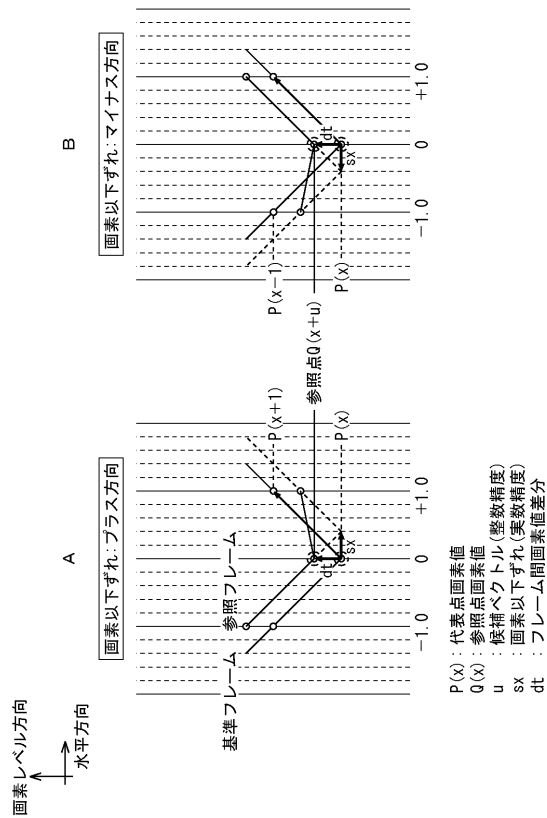
【 図 1 1 】

图11



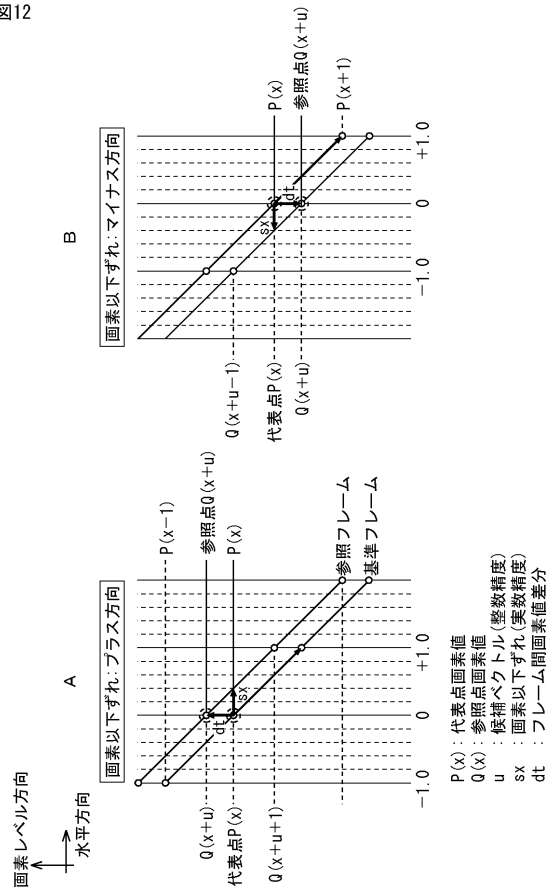
【 図 1 3 】

图13



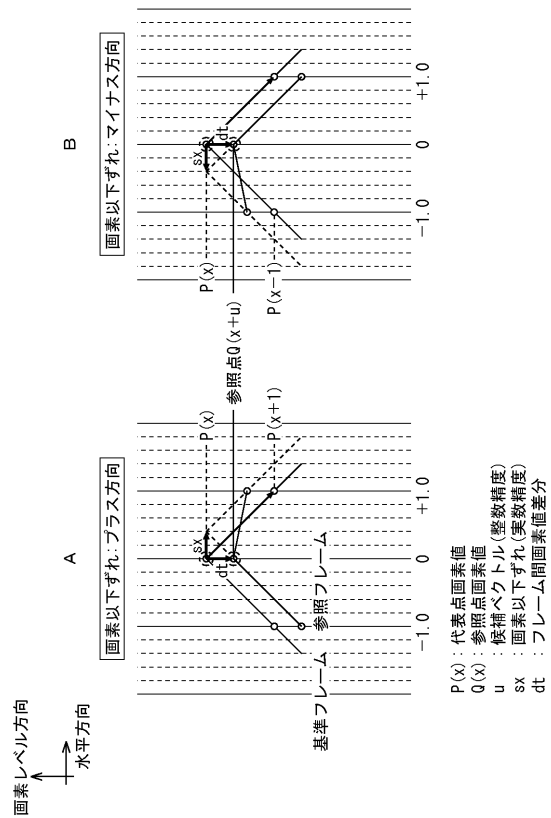
【 図 1 2 】

图12



【 図 1 4 】

图14



【図 15】

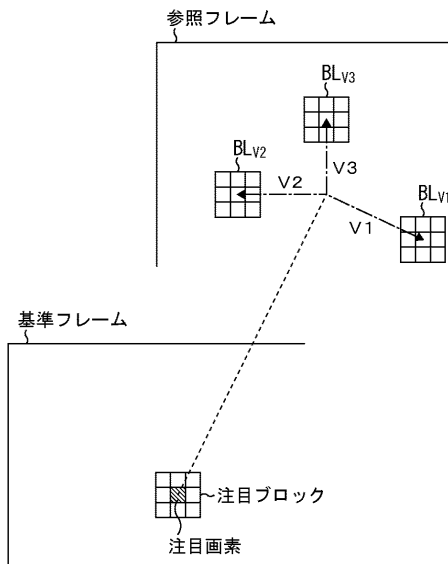
図15

| 要素以下ずれ：プラス方向 |  | 要素以下ずれ：マイナス方向  |  |
|--------------|--|--|--|
| 水平方向         | 第1評価関数演算部  | 第2評価関数演算部  | 第3評価関数演算部  |
| 波形形状         | $F1 = (P(x) \geq 0(x+u) - th) \&\& P(x) \leq 0(x+u+1) + th) ? 1:0$   | $F2 = (Q(x+u) \geq P(x-1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ | $F3 = (P(x) \geq 0(x+u-1) - th) \&\& P(x) \leq 0(x+u+th) ? 1:0$    |
| 右上がり         | $F1 = (P(x) \geq 0(x+u-1) - th) \&\& P(x) \leq 0(x+u+1) + th) ? 1:0$ | $F2 = (Q(x+u) \geq P(x-1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ | $F4 = (Q(x+u) \geq P(x+1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ |
| 右下がり         | $F1 = (P(x) \geq 0(x+u-1) - th) \&\& P(x) \leq 0(x+u+1) + th) ? 1:0$ | $F2 = (Q(x+u) \geq P(x-1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ | $F4 = (Q(x+u) \geq P(x+1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ |
| 下に凸          | $F1 = (P(x) \geq 0(x+u-1) - th) \&\& P(x) \leq 0(x+u+1) + th) ? 1:0$ | $F2 = (Q(x+u) \geq P(x-1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ | $F4 = (Q(x+u) \geq P(x+1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ |
| 上に凸          | $F1 = (P(x) \geq 0(x+u-1) - th) \&\& P(x) \leq 0(x+u+1) + th) ? 1:0$ | $F2 = (Q(x+u) \geq P(x-1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ | $F4 = (Q(x+u) \geq P(x+1) - th) \&\& Q(x+u) \leq P(x) + th) ? 1:0$ |

$P(x)$  : 代表点画素値  
 $Q(x)$  : 参照点画素値  
 候補ベクトル(整数精度) :  $u$   
 マージン :  $th$

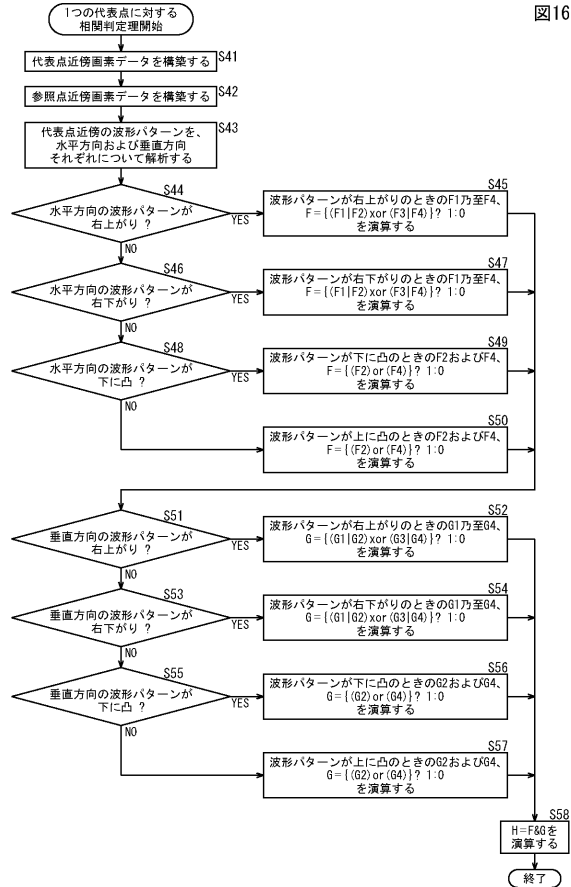
【図 17】

図17



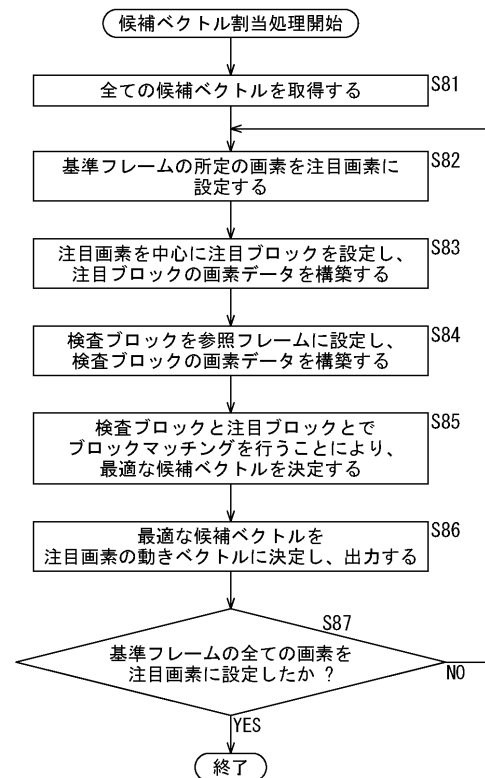
【図 16】

図16



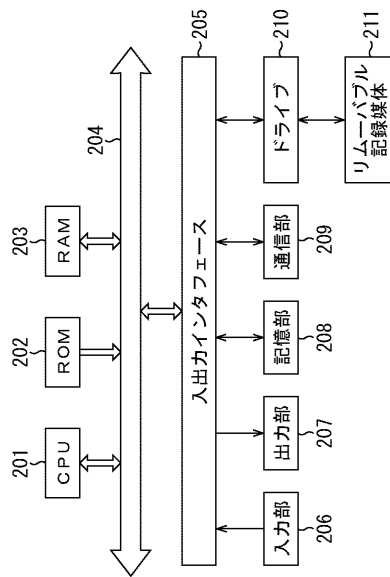
【図 18】

図18



【図19】

図19



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 5 2 3 6 0 ( J P , A )

特開 2 0 0 6 - 2 6 8 4 1 3 ( J P , A )

西田 好宏、外 3 名, “ 動きベクトル検出を用いた被写体追尾 A F ” , テレビジョン学会技術報告, 日本, 社団法人テレビジョン学会, 1 9 9 1 年 7 月 1 8 日, Vol.15, No.41, p.25-30

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 T 7 / 0 0 - 7 / 6 0

H 0 4 N 7 / 3 2