

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4217876号  
(P4217876)

(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

HO4N 7/18 (2006.01)

GO6T 7/20 (2006.01)

HO4N 7/18 G

GO6T 7/20 B

請求項の数 4 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2002-371047 (P2002-371047)	(73) 特許権者	801000049
(22) 出願日	平成14年12月20日 (2002.12.20)		財団法人生産技術研究奨励会
(65) 公開番号	特開2004-207786 (P2004-207786A)		東京都目黒区駒場四丁目6番1号
(43) 公開日	平成16年7月22日 (2004.7.22)	(74) 代理人	100092587
審査請求日	平成17年7月12日 (2005.7.12)		弁理士 松本 真吉
		(72) 発明者	上條 俊介
			神奈川県川崎市幸区幸町1-736-9
		(72) 発明者	坂内 正夫
			神奈川県横浜市青葉区美しが丘2-56-7
		審査官	佐藤 実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像における移動物体の追跡方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

時系列画像を処理して画像中の移動物体を追跡する画像上移動物体追跡方法において、各画像が、複数画素からなるブロックに分割され、移動物体の識別符号がブロック単位で付与されているとともに該移動物体の動きベクトルがブロック単位で求められている場合に、

(a) 該時系列画像のうち連続するN画像(N≧2)の各々について、隣り合うブロックの動きベクトルの差の絶対値が所定値以内のブロックに同一の識別符号を付与することにより、画像上で互いに重なった移動物体に互いに異なる識別符号を付与し、

(b) 該N画像の各々において、第1識別符号が付与されたブロック群である第1オブジェクトと第2識別符号が付与されたブロック群である第2オブジェクトとが接し、かつ、該N画像について時間的に隣り合う画像の第1オブジェクト間の相関度が所定値以上であるかどうかを判定し、

(c) 該ステップ(b)で肯定判定された後に、時間を遡って該第1オブジェクトと該第2オブジェクトとを追跡する、

ことを特徴とする画像上移動物体追跡方法。

【請求項2】

該相関度は、該時間的に隣り合う第1オブジェクトの一方をその動きベクトルに基づいて移動させたものと他方との図形論理積の面積の、該一方又は他方の面積に対する割合に略等しいことを特徴とする請求項1記載の画像上移動物体追跡方法。

10

20

**【請求項 3】**

時系列画像及びプログラムが格納される記憶装置と、  
該記憶装置に結合されたプロセッサと、

を有する画像上移動物体追跡装置において、該プログラムは該プロセッサに対し該時系列画像を読み出して処理することにより画像中の移動物体を追跡し、該処理により、各画像が、複数画素からなるブロックに分割され、移動物体の識別符号がブロック単位で付与されているとともに該移動物体の動きベクトルがブロック単位で求められており、該プログラムは、

(a) 該時系列画像のうち連続するN画像(N ≥ 2)の各々について、隣り合うブロックの動きベクトルの差の絶対値が所定値以内のブロックに同一の識別符号を付与することにより、画像上で互いに重なった移動物体に互いに異なる識別符号を付与する手順と、

(b) 該N画像の各々において、第1識別符号が付与されたブロック群である第1オブジェクトと第2識別符号が付与されたブロック群である第2オブジェクトとが接し、かつ、該N画像について時間的に隣り合う画像の第1オブジェクト間の相関度が所定値以上であるかどうかを判定する手順と、

(c) 該ステップ(b)で肯定判定された後に、時間を遡って該第1オブジェクトと該第2オブジェクトとを追跡する手順と、

を有することを特徴とする画像上移動物体追跡装置。

**【請求項 4】**

該手順(b)の該相関度は、該時間的に隣り合う第1オブジェクトの一方をその動きベクトルに基づいて移動させたものと他方との図形論理積の面積の、該一方又は他方の面積に対する割合に略等しいことを特徴とする請求項3記載の画像上移動物体追跡装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、時系列画像を処理して画像中の移動物体(車、自転車、動物等の移動可能なもの)を追跡する移動物体追跡方法及び装置に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

交通事故の早期発見は、迅速な救助活動により人命救助の成功率を高めるだけでなく、警察の実地検分などを迅速にすることにより事故渋滞を緩和することもできるので、様々な交通事故の認識自動化が期待されている。交通事故の認識率を高めるためには、カメラで撮像された画像を処理して移動物体を正確に追跡する必要がある。

**【0003】**

図28は、高速道路の中央線上方に設置されたカメラで撮像された時刻 $t = 1 \sim 4$ の画像を模式的に示す。

**【0004】**

画像上で車両同士が頻繁に重なるので、画像処理により各車両を追跡するのが困難になる。この問題を解決するには、道路に沿って複数台のカメラを設置し、それらの画像を総合的に処理する必要がある。

**【0005】**

しかし、カメラ及び画像処理装置を複数台備える必要があるので、コスト高になる。また、各カメラの撮影画像を関係付けて総合的に処理しなければならないので、処理が複雑になる。

**【0006】**

そこで、本願発明者らは、次のように時間を遡って移動物体を追跡する方法でこの問題を解決した(特許文献1参照。 )。

**【0007】**

時刻 $t = 1 \sim 4$ の時系列画像を一時記憶しておき、 $t = 4$ から出発して車両M1とM2を識別し、車両M1とM2の動きベクトルを求め、この動きベクトルで $t = 4$ の画像中の車

10

20

30

40

50

両 M 1 と M 2 を移動させて、車両 M 1 と M 2 が識別されている  $t = 3$  の画像を想定し、これと  $t = 3$  の実際の画像との相関関係から、 $t = 3$  の画像中の車両 M 1 と M 2 を識別する。

【 0 0 0 8 】

次に、 $t = 3$  と  $t = 2$  の画像について同様の処理により、 $t = 2$  の画像中の車両 M 1 と M 2 を識別する。次に、 $t = 2$  と  $t = 1$  の画像について同様の処理により、 $t = 1$  の画像中の車両 M 1 と M 2 を識別する。

【 0 0 0 9 】

このような処理により、1 台のカメラで車両 M 1 と M 2 とを追跡することが可能となる。

【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】

特開 2 0 0 2 - 1 3 3 4 2 1

【 0 0 1 1 】

【 非特許文献 1 】

S.Kamijo, M.Sakauchi, "Illumination Invariant and Oclusion Robust Vehicle Tracking by Spatio-Temporal MRF Model", 9th World Congress on ITS, Chicago, Oct. 2002.

【 0 0 1 2 】

【 非特許文献 2 】

S.Kamijo, K.Ikeuchi, M.Sakauchi, "Vehicle Tracking in Low-angle and Front-View Images based on Spatio-Temporal Markov Random Field Model", 8th World Congress on ITS, Sydney, Oct. 2001, CD-ROM.

【 0 0 1 3 】

【 非特許文献 3 】

S.Kamijo, "Traffic Image Analysys based on Spattio-Temporal Markov Random Field Model", Ph.D. Thesis, 2001

【 0 0 1 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、実際には例えば、1 2 フレーム / 秒の画像を処理するので、時系列画像の記憶容量が大きくなるとともに、処理時間が長くなるという問題点がある。

【 0 0 1 8 】

本発明の目的は、このような問題点に鑑み、より少ない数の、一時記憶される時系列画像で、移動物体を追跡することが可能な、画像における移動物体の追跡方法及び装置を提供することにある。

【 0 0 2 1 】

【 課題を解決するための手段及びその作用効果 】

本発明の一態様では、時系列画像を処理して画像中の移動物体を追跡する画像上移動物体追跡方法において、各画像が、複数画素からなるブロックに分割され、移動物体の識別符号がブロック単位で付与されるとともに該移動物体の動きベクトルがブロック単位で求められている場合に、

( a ) 隣り合うブロックの動きベクトルの差の絶対値が所定値以内のブロックに同一の識別符号を付与することにより、画像上で互いに重なった移動物体に互いに異なる識別符号を付与する。

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、1 つのクラスタが複数のオブジェクトに分離する前に、時間を遡って個々のオブジェクトを追跡することができるので、時間を遡って各移動物体を追跡する場合に、画像メモリの記憶容量を低減でき、また、画像処理量を低減して C P U の負担を軽くすることができる。

【 0 0 3 3 】

本発明の他の目的、構成及び効果は以下の説明から明らかになる。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。複数の図中の対応する同一又は類似の構成要素には、同一又は類似の符号を付している。

#### 【0035】

##### [第1実施形態]

図1は、交差点及びこれに配置された本発明の第1実施形態の移動物体追跡装置の概略を示す。

#### 【0036】

この装置は、交差点を撮像して画像信号を出力する電子カメラ10と、その画像を処理して移動物体を追跡する移動物体追跡装置20とを備えている。

10

#### 【0037】

図2は、この移動物体追跡装置20の機能ブロック図である。移動物体追跡装置20の構成要素のうち、記憶部以外はコンピュータソフトウェア、専用のハードウェア又はコンピュータソフトウェアと専用のハードウェアの組み合わせで構成することができる。

#### 【0038】

電子カメラ10で撮影された時系列画像は、例えば12フレーム/秒のレートで、画像メモリ21に格納され、最も古いフレームが新しいフレーム画像で書き換えられる。

#### 【0039】

画像変換部22は、画像メモリ21内の各フレーム画像について、これをフレームバッファメモリ23にコピーし、コピーされた画像のデータを用いて画像メモリ21内の対応するフレーム画像を空間的差分フレーム画像に変換する。この変換は2段階で行われる。

20

#### 【0040】

元のフレーム画像の第*i*行第*j*列の画素値(輝度値)を $G(i, j)$ とすると、第1段階における変換後の第*i*行第*j*列の画素値 $H(i, j)$ は、次式で表される。

#### 【0041】

$$H(i, j) = \sum_{neighborpixels} |G(i + di, j + dj) - G(i, j)| \quad (1)$$

ここに  $\sum_{neighborpixels}$  は、*c* を自然数とすると、 $di = -c \sim c$  及び  $dj = -c \sim c$  にわたっての総和を意味し、例えば *c* = 1 のとき、第*i*行第*j*列の画素と隣り合う8画素にわたる総和である。照度が変化すると、画素値 $G(i, j)$ とその付近の画素値 $G(i + di, j + dj)$ が同様に変化するので、 $H(i, j)$ の画像は、照度の変化に対し不変である。

30

#### 【0042】

ここで、隣り合う画素の差分の絶対値は、一般に画素値が大きいほど大きい。移動物体追跡の成功率を高めるには、画素値が小さくて差分が小さい場合も、画素値及び差分が大きい場合とほぼ等価にエッジ情報を取得した方が好ましい。そこで、 $H(i, j)$ を次のように規格化する。

#### 【0043】

$$H(i, j) = \sum_{neighborpixels} |G(i + di, j + dj) - G(i, j)| / (G(i, j, max) / Gmax) \quad (2)$$

40

ここに、 $G(i, j, max)$ は、 $H(i, j)$ の計算に用いた元の画素の値の最大値であり、例えば *c* = 1 の場合、第*i*行第*j*列の画素を中心とする3×3画素の値の最大値であり、*Gmax*は画素値 $G(i, j)$ の取りうる最大値、例えば画素値が8ビットで表される場合、255である。以下、*c* = 1、*Gmax* = 255である場合について説明する。

#### 【0044】

$H(i, j)$ の取りうる最大値は、移動物体毎に異なる。例えば $G(i, j) = Gmax$ で第*i*行第*j*列の画素に隣り合う8画素の値がいずれも0で有る場合、 $H(i, j) = 8 Gmax$ となって、 $H(i, j)$ を8ビットで表すことができない。

#### 【0045】

一方、移動物体のエッジ部の $H(i, j)$ の値のヒストグラムを作成してみると、頻度の

50

大部分が  $H = 50 \sim 110$  の範囲に含まれることがわかった。すなわち、 $H$  の値が約 110 より大きくなるほど移動物体追跡のためのエッジ情報の数が少ないので、重要度が低い。

#### 【0046】

したがって、 $H$  の値の大きい部分を抑圧して変換画素のビット長を短くすることにより、画像処理を高速に行なったほうが好ましい。そこで、第2段階として、この  $H(i, j)$  を、シグモイド関数を用いた次式により、 $I(i, j)$  に変換する。

#### 【0047】

$$I = G_{\max} / \{ 1 + \exp [ - ( H - ) ] \} \quad (3)$$

シグモイド関数は  $H =$  の付近で線形性が良い。そこで、閾値 の値を、エッジ情報を持つ  $H$  の度数分布の最頻値、例えば 80 にする。

#### 【0048】

画像変換部 22 は、上式 (2) 及び (3) に基づいて、画素値  $G(i, j)$  の画像を画素値  $I(i, j)$  の空間的差分フレーム画像に変換し、これを画像メモリ 21 に格納する。

#### 【0049】

背景画像生成部 24、ID 生成 / 消滅部 25 及び移動物体追跡部 27 は、画像メモリ 21 中の空間的差分フレーム画像に基づいて処理を行う。以下においては、空間的差分フレーム画像を単にフレーム画像と称す。

#### 【0050】

背景画像生成部 24 は、記憶部と処理部とを備え、処理部は、画像メモリ 21 をアクセスし、例えば過去 10 分間の全てのフレーム画像の対応する画素について画素値のヒストグラムを作成し、その最頻値 (モード) をその画素の画素値とする画像を、移動物体が存在しない背景画像として生成し、これを該記憶部に格納する。背景画像は、この処理が定期的に行われて更新される。

#### 【0051】

ID 生成 / 消滅部 25 には、図 3 に示す如くフレーム画像内の、交差点への 4 つの入口及び交差点からの 4 つの出口にそれぞれ配置されるスリット  $EN1 \sim EN4$  及び  $EX1 \sim EX4$  の位置及びサイズのデータが予め設定されている。ID 生成 / 消滅部 25 は、画像メモリ 21 から入口スリット  $EN1 \sim EN4$  内の画像データを読み込み、これら入口スリット内に移動物体が存在するかどうかをブロック単位で判定する。図 3 中のメッシュの升目はブロックであり、1 ブロックは例えば  $8 \times 8$  画素であり、1 フレームが  $480 \times 640$  画素の場合、1 フレームは  $60 \times 80$  ブロックに分割される。あるブロックに移動物体が存在するかどうかは、このブロック内の各画素と背景画像の対応する画素との差の絶対値の総和が所定値以上であるかどうかにより判定する。この判定は、移動物体追跡部 27 においても行われる。

#### 【0052】

ID 生成 / 消滅部 25 は、ブロック内に移動物体が存在すると判定すると、このブロックに新たなオブジェクト識別符号 (ID) を付与する。ID 生成 / 消滅部 25 は、ID 付与済ブロックと隣接しているブロックに移動物体が存在すると判定すると、この隣接ブロックに付与済ブロックと同一の ID を付与する。この ID 付与済ブロックは入口スリットに隣接しているブロックも含まれる。例えば図 3 中の入口スリット  $EN1$  内のブロックには  $ID = 1$  が付与される。

#### 【0053】

ID の付与は、オブジェクトマップ記憶部 26 内の対応するブロックに対して行われる。オブジェクトマップ記憶部 26 は、上述の場合  $60 \times 80$  ブロックのオブジェクトマップを記憶するためのものであり、各ブロックには、ID が付与されているかどうかのフラグ、ID が付与されている場合にはその番号と後述のブロック動きベクトルとがブロック情報として付与される。なお、該フラグを用いずに、 $ID = 0$  のとき ID が付与されていないと判定してもよい。また、ID の最上位ビットをフラグとしてもよい。

#### 【0054】

10

20

30

40

50

入口スリットを通過したクラスタに対しては、移動物体追跡部 27 により、移動方向のブロックに対する ID の付与及び移動と反対方向のブロックに対する ID の消滅、すなわちクラスタの追跡処理が行われる。移動物体追跡部 27 による追跡処理は、各クラスタについて出口スリット内まで行われる。

【0055】

ID 生成 / 消滅部 25 はさらに、オブジェクトマップ記憶部 26 の内容に基づき出口スリット EX1 ~ EX4 内のブロックに ID が付与されているかどうかを調べ、付与されていれば、出口スリットをクラスタが通過したときにその ID を消滅させる。例えば図 3 中の出口スリット EX1 内のブロックに ID = 3 が付与されている状態から、ID が付されない状態に変化したときに、ID = 3 を消滅させる。消滅 ID は、次の生成 ID として用いることができる。

10

【0056】

移動物体追跡部 27 は、オブジェクトマップ記憶部 26 に格納されている時刻 ( $t - 1$ ) のオブジェクトマップと、画像メモリ 21 に格納されている時刻 ( $t - 1$ ) 及び  $t$  のフレーム画像とに基づいて、時刻  $t$  のオブジェクトマップを記憶部 26 内に作成する。以下、これを説明する。

【0057】

図 4 ~ 図 7 はいずれも、時刻  $t - 1$  と  $t$  の画像を模式的に示す。図 4、図 6 及び図 7 中の点線はブロックの境界線であり、図 5 中の点線は画素の境界線である。

【0058】

20

第  $i$  行第  $j$  列のブロックを  $B(i, j)$ 、時刻  $t$  での第  $i$  行第  $j$  列のブロックを  $B(t : i, j)$  と表記する。ブロック  $B(t - 1 : 1, 4)$  の動きベクトルが  $MV$  であるとする。ブロック  $B(t - 1 : 1, 4)$  を  $MV$  移動させた領域に最も対応する、時刻  $t$  のブロックを見つける。図 4 ( $B$ ) の場合、このブロックは  $B(t : 1, 5)$  である。図 5 に示すように、ブロック  $B(t : 1, 5)$  の画像と、時刻  $t - 1$  のブロックサイズの領域  $AX$  の画像との相関度を、所定範囲  $AM$  内で領域  $AX$  を 1 画素移動させる毎に求める (ブロックマッチング)。

【0059】

範囲  $AM$  はブロックよりも大きく、その一辺は例えばブロックの一辺の画素数の 1.5 倍である。範囲  $AM$  の中心は、ブロック  $B(t : 1, 5)$  の中心を略  $-MV$  移動させた位置にある画素である。

30

【0060】

相関度は、例えば時空的テクスチャ相関度であり、ブロック  $B(t : 1, 5)$  と領域  $AX$  の対応する画素値の差の絶対値の総和である評価値  $UD$  が小さいほど、大きいとする。

【0061】

範囲  $AM$  内で相関度が最大になる領域  $AX$  を求め、この領域の中心を始点としブロック  $B(1, 5)$  の中心を終点とするベクトルを、ブロック  $B(t : 1, 5)$  の動きベクトルと決定する。また、相関度が最大になる領域  $AX$  に最も近い、時刻  $t - 1$  のブロックの ID を、ブロック  $B(t : 1, 5)$  の ID と決定する。

【0062】

40

移動物体追跡部 27 は、隣り合うブロックの動きベクトルの差の絶対値が所定値以下のブロックに同一の ID を付与する。これにより、1 つのクラスタであっても、互いに異なる ID をもつ複数のオブジェクト (移動物体) に分割される。図 6 では、オブジェクト間の境界を太線で示している。

【0063】

オブジェクトマップ上には移動物体の画像が存在しないが、図 6 では理解を容易にするためにオブジェクトマップ上に移動物体が模式的に描かれている。図 7 は、オブジェクトマップにオブジェクトの境界を太線で示したものであり、図 6 に対応している。

【0064】

例えば図 3 の入口スリット EN1 で 1 つのクラスタが検出され、複数のオブジェクトに分

50

割されず、その後、時刻  $t_1$  に上記のようにして複数のオブジェクトに分割された場合、時刻  $t_1$  から時間を遡って、時間が正方向の場合と同様にオブジェクトマップを求めることにより、時刻  $t_1$  よりも前のオブジェクトマップに対し、複数のオブジェクトに分割する。これにより、分割できなかったオブジェクトを分割して認識することができ、個々のオブジェクトを追跡することができる。

【0065】

特許文献1では、1つのクラスタが複数のクラスタに分離してから時間を遡って個々のオブジェクトを追跡していたが、本実施形態によれば、複数のクラスタに分離する前に、例えば図28の  $t = 4$  より前の  $t = 2$  から、時間を遡って個々のオブジェクトを追跡することができるので、画像メモリ21の記憶容量を低減でき、また、画像処理量を低減してCPUの負担を軽くすることができる。

10

【0066】

上記説明では、クラスタ内のブロックの動きベクトルが求まる場合について説明したが、図9(A)に示すように、動きベクトルが求まらないブロックが存在する場合、その位置によっては該ブロックがどちらのオブジェクトに属するのか不明である。ある移動物体に属するブロック内の各画素の色がほぼ同一であった場合、上述のブロックマッチングにより動きベクトルを決定することができない。例えば、画像(空間的差分フレーム画像)を2値画像に変換し、ブロック内に「1」の画素の数が所定値以下であれば、上記方法により動きベクトルを求めるのに適しないブロックと判定する。

20

【0067】

このようなブロックの動きベクトルを、図8に示す方法で推定する。

【0068】

(S1) 未定の動きベクトルが存在すればステップS2へ進み、そうでなければ未定動きベクトル推定処理を終了する。

【0069】

(S2) 動きベクトルが未定のブロック  $B(i, j)$  の回りの8個のブロックのうち、決定されている動きベクトル  $MV_1 \sim MV_n$  を取り出す。

【0070】

(S3) ステップS2で決定済動きベクトルが存在すればステップS4へ進み、そうでなければステップS6へ進む。

30

【0071】

(S4) 動きベクトル  $MV_1 \sim MV_n$  を、ベクトル間の差の絶対値が所定値以内のグループに分ける。

【0072】

(S5) 動きベクトル数が最大のグループの動きベクトルの平均値を、ブロック  $B(i, j)$  の動きベクトルと推定する。動きベクトル数が最大のグループが複数存在する場合、任意の1つのグループの動きベクトルの平均値を、ブロック  $B(i, j)$  の動きベクトルと推定する。次にステップS1へ戻る。

【0073】

なお、同一グループの動きベクトルは互いに略等しいので、該同一グループの動きベクトルの任意の1つをブロック  $B(i, j)$  の動きベクトルと推定してもよい。

40

【0074】

(S6) ステップS5で推定された動きベクトルを、決定された動きベクトルとみなし、ステップS1へ戻る。

【0075】

このような処理により、未定動きベクトルを一意的に推定することができる。

【0076】

次に具体例を説明する。図9(A)において、第  $i$  行第  $j$  列のブロック  $B(i, j)$  の動きベクトルを  $MV(i, j)$  と表記する。図9(A)では、ブロック  $B(2, 2)$ 、 $B(2, 4)$  及び  $B(3, 3)$  の動きベクトルが未定である。

50

## 【 0 0 7 7 】

ブロック B ( 2 , 2 ) の回りのブロックの動きベクトルは、 $MV(2, 1)$ 、 $MV(3, 1)$ 、 $MV(3, 2)$  及び  $MV(2, 3)$  のグループと、 $MV(1, 2)$  及び  $MV(1, 3)$  のグループに分けられるので、前者のグループを選択し、  
 $MV(2, 2) = (MV(2, 1) + MV(3, 1) + MV(3, 2) + MV(2, 3)) / 4$

と推定する。

## 【 0 0 7 8 】

ブロック B ( 2 , 4 ) の回りのブロックの動きベクトルは、 $MV(2, 3)$ 、 $MV(3, 4)$  及び  $MV(3, 5)$  のグループと、 $MV(1, 3)$ 、 $MV(1, 4)$ 、 $MV(1, 5)$  及び  $MV(2, 5)$  のグループに分けられるので、後者のグループを選択し、  
 $MV(2, 4) = (MV(1, 3) + MV(1, 4) + MV(1, 5) + MV(2, 5)) / 4$

と推定する。

## 【 0 0 7 9 】

ブロック B ( 3 , 3 ) の回りのブロックの動きベクトルは、 $MV(2, 3)$ 、 $MV(3, 2)$ 、 $MV(4, 2)$ 、 $MV(4, 4)$  及び  $MV(3, 4)$  の 1 グループであるので、  
 $MV(3, 3) = (MV(2, 3) + MV(3, 2) + MV(4, 2) + MV(4, 4) + MV(3, 4)) / 5$

と推定する。

## 【 0 0 8 0 】

このようにして、図 9 ( B ) に示すようなオブジェクトマップが生成される。図 9 ( B ) では、オブジェクトの境界を太線で示している。

## 【 0 0 8 1 】

図 10 ( A ) のように未定動きベクトルの数が多い場合であっても、ステップ S 3 で否定判定されるまで、ステップ S 1 ~ S 5 を繰り返すと、一意的に動きベクトルが推定されて図 10 ( B ) のようになる。次に、ステップ S 6 で推定動きベクトルを、決定された動きベクトルとみなして、再度ステップ S 1 ~ S 5 を実行することにより、ブロック B ( 3 , 4 ) の動きベクトルが一意的に推定されて、図 10 ( C ) のようになる。次に、隣り合うブロックの動きベクトルの差の絶対値が所定値以下のブロックに同一の ID を付与することにより、1 つのクラスタが、互いに異なる ID をもつ複数のオブジェクトに分割される。

## 【 0 0 8 2 】

なお、移動物体追跡部 2 7 は、オブジェクトマップ 2 6 に格納されているオブジェクトマップの時系列を、追跡結果として不図示のハードディスクに格納する。

## 【 0 0 8 3 】

## [ 第 2 実施形態 ]

上記第 1 実施形態では、未定動きベクトルをその周囲のブロックの動きベクトルのみに基づいて決定しているので、未定動きベクトルが多く存在する場合、それらのブロックの ID 及び動きベクトルの決定精度が低くなる。

## 【 0 0 8 4 】

この精度を向上させるために、本発明の第 2 実施形態では、後述する評価関数の値に基づいて、全ブロックの ID 及び動きベクトルを同時に決定する。この第 2 実施形態においても上記第 1 実施形態と同様に、図 2 の移動物体追跡部 2 7 は、オブジェクトマップ記憶部 2 6 に格納されている時刻 ( t - 1 ) のオブジェクトマップと、画像メモリ 2 1 に格納されている時刻 ( t - 1 ) 及び t のフレーム画像とに基づいて、時刻 t のオブジェクトマップを記憶部 2 6 内に作成する。

## 【 0 0 8 5 】

まず、移動物体の一部を含む任意のブロック B ( t : i , j ) の評価関数  $U(i, j)$  について説明する。評価関数  $U(i, j)$  は、次式のように 4 つのサブ評価関数の一次結合



で表される。

【0086】

$$U(i, j) = aUD + bUM + cUN + fUV \quad (1)$$

ここに  $a \sim c$  及び  $f$  は、定数であり、試行錯誤により定められる。

【0087】

以下において、1ブロックを  $m \times m$  画素とし、時刻  $t$  の画像の第  $g$  行第  $h$  列の画素の値を  $G(t: g, h)$  で表し、ブロック  $B(t: i, j)$  の推定動きベクトル  $MV$  を  $(MVX, MVY)$  で表す。  $i = 0$ 、 $j = 0$  とする。

【0088】

(1) 時空的テクスチャ相関度を示すサブ評価関数  $UD$

10

サブ評価関数  $UD$  は、時空的テクスチャ相関度を示し、上記第1実施形態で説明したものと同一であって、次式で表される。

【0089】

$$UD(i, j, MV) = \frac{1}{m^2} |G(t: mi + x, mj + y) - G(t - 1: mi + x - MVX, mj + y - MVY)| \quad (2)$$

ここに  $x$  は、 $x = 0 \sim m - 1$  及び  $y = 0 \sim m - 1$  についての総和を意味している。

【0090】

図12において、点線はブロック境界線であり、ハッチングを施した部分は移動物体を示している。図12(B)は、着目ブロック  $B(t: 1, 2)$  の推定動きベクトルが  $MV$  である場合を示し、図12(A)は、ブロック  $B(t - 1: 1, 2)$  を  $-MV$  移動させた領域  $AX$  を示す。この場合、ブロック  $B(t: 1, 2)$  の画像と領域  $AX$  の画像との評価関数  $UD(1, 2, MV)$  が算出される。 $MV$  を変化させると  $UD$  の値が変化し、 $UD$  の値が小さいほどブロック  $B(t: 1, 2)$  の画像と領域  $AX$  の画像との間のテクスチャ相関度が高い。 $UD$  が最小値のときの  $MV$  が最も確からしい動きベクトルである。移動物体の速度には限度があるので、着目ブロック  $B(t: 1, 2)$  の中心から、所定範囲内、例えば上下  $\pm 2.5$  画素、左右  $\pm 2.5$  画素の範囲内で、領域  $AX$  を移動させて  $UD$  の最小値を求める。この所定範囲は、第1実施形態で述べたように、時刻  $t - 1$  の動きベクトルを用いて予測した範囲  $AM$  であってもよい。

20

【0091】

(2) 時空的  $ID$  相関度を示すサブ評価関数  $UM$

30

図13(A)及び(B)はそれぞれ図12(A)及び(B)に対応しており、ハッチングを施した部分は移動物体が存在すると判定されたブロックを示している。

【0092】

着目ブロック  $B(t: 1, 2)$  の  $ID$  が  $ID1$  であると推定したとき、上記領域  $AX$  内に含まれる  $ID = ID1$  の画素数を  $M$  とする。図13(A)の場合、領域  $AX$  内のハッチングが施された部分の画素数が  $M$  である。但し、着目ブロック  $B(t: 1, 2)$  の推定  $ID$  が領域  $AX$  内の  $ID$  と全く異なる場合、 $M = 0$  となる。 $M$  の最大値は  $m^2$  である。

【0093】

サブ評価関数  $UM$  は、時空的  $ID$  相関度を示し、次式で表される。

【0094】

$$UM(i, j, MV) = (M - m^2)^2 \quad (3)$$

$UM$  の値が小さいほど、時空的  $ID$  相関度が高い。

40

【0095】

着目ブロック  $B(t: i, j)$  の中心から、上記所定範囲内で領域  $AX$  を移動させて  $aUD + bUM$  の最小値を求めることにより、着目ブロックの  $ID$  と  $MV$  を同時に決定することが可能である。

【0096】

(3) 空間的  $ID$  相関度を示すサブ評価関数  $UN$

図13(B)において、着目ブロック  $B(t: 1, 2)$  の  $ID$  が  $ID1$  であると推定したとき、着目ブロックの周りの8個のブロック  $B(t: 0, 1)$ 、 $B(t: 0, 2)$ 、 $B(t: 1, 0)$ 、 $B(t: 1, 1)$ 、 $B(t: 1, 2)$ 、 $B(t: 2, 0)$ 、 $B(t: 2, 1)$ 、 $B(t: 2, 2)$  の  $ID$  が  $ID1$  である場合、 $UN$  の値が最小となる。

50

$t : 0, 3$ )、 $B(t : 1, 3)$ 、 $B(t : 2, 3)$ 、 $B(t : 2, 2)$ 、 $B(t : 2, 1)$ 及び $B(t : 1, 1)$ のうち、IDがID1であるブロックの数をNとする。図13(B)のハッチングが施された部分のIDが全て同一である場合、着目ブロック $B(t : 1, 2)$ のNの値は5である。

【0097】

サブ評価関数UNは、空間的ID相関度を示し、次式で表される。

【0098】

$$UN(i, j) = (N - 8)^2 \quad (4)$$

UNの値が小さいほど、空間的ID相関度が高い。

【0099】

(4)空間的MV相関度を示すサブ評価関数UV

着目ブロック $B(t : i, j)$ の中心から、上記所定範囲内で領域AXを移動させて $aUD + bUM + cUN$ の最小値を求めることにより、着目ブロックのIDとMVを同時に決定することが可能である。

【0100】

しかしながら、領域AXを移動させたとき、着目ブロックと同一テクスチャの領域が複数存在する場合、動きベクトルMVが定まらない。この動きベクトルMVは、着目ブロックの近くかつ同一IDのブロックの動きベクトルMVとほぼ同じと推定できる。そこで、空間的MV相関度を示す次のようなサブ評価関数UVを定義する。

【0101】

$$UV(i, j) = |MV - MV_{neighbor}| / L \quad (5)$$

ここに、MVは上記(1)で述べた着目ブロック $B(t : i, j)$ の推定動きベクトルであり、 $MV_{neighbor}$ は、着目ブロック $B(t : i, j)$ の回りの8個のブロックのうち、着目ブロック $B(t : i, j)$ の推定IDと同一IDを有するブロックの動きベクトルであり、 $L$ は該同一IDを有するブロックについての総和を意味し、 $L$ は該同一IDを有するブロックの数である。

【0102】

図14(A)の場合、ハッチングを施したブロックが同一IDであるとする、

$$UV(1, 2) = (|MV - MV_1| + |MV - MV_2| + |MV - MV_3| + |MV - MV_4| + |MV - MV_5|) / 5$$

である。

【0103】

時刻 $t - 1$ での上記領域AXが図14(B)の場合、 $UV(1, 2)$ の値が大きくなり、推定動きベクトルMVの確からしさが小さい。 $UV$ の値が小さいほど、空間的MV相関度が高い。

【0104】

着目ブロック $B(t : i, j)$ の中心から、上記所定範囲内で領域AXを移動させて、すなわちMVを変化させて、上式(1)の評価関数Uが最小値になるように、着目ブロックのIDとMVを同時に決定することが可能である。

【0105】

なお、 $MV_{neighbor}$ は、着目ブロック $B(t : i, j)$ の回りのブロックのものであればよく、例えば、上下左右4個のブロック、着目ブロック $B(t : i, j)$ の回り(1回り)の8個のブロックのうち任意の1個のブロック又は着目ブロック $B(t : i, j)$ の回り(2回り)の24個のブロックのうち、着目ブロック $B(t : i, j)$ の推定IDと同一IDを有するブロックの動きベクトルであってもよい。また、 $MV_{neighbor}$ は、時刻 $t - 1$ の対応する動きベクトルで近似してもよい。すなわち、着目ブロック $B(t : i, j)$ を $-MV$ 移動させた領域の中心が属するブロックを $B(t - 1, p, q)$ とすると、ブロック $B(t - 1, p, q)$ の近くのブロックのうち、着目ブロック $B(t : i, j)$ の推定IDと同一IDを有するブロックの動きベクトルであってもよい。

【0106】

サブ評価関数  $U_N$  及び  $U_V$  はいずれも時刻  $t$  での空間的相関度に関するもので、理想的には、全てのブロックについての評価関数  $U$  の総和の最小値を求めることにより、時刻  $t$  の全てのブロックの  $ID$  と  $MV$  を同時に決定する。実際には、処理時間を短くしてリアルタイム処理を可能にするために、図 11 に示すような近似法により  $ID$  と  $MV$  を決定する。

【0107】

(S11) 時刻  $t$  で移動物体の一部が含まれる各ブロックについて、上式(2)の評価関数  $U_D$  の値を最小にする動きベクトル  $MV$  を求める。但し、上述の動きベクトルを求めるのに適しないブロックについては動きベクトル  $MV$  を求めない。次に、動きベクトルを求めるのに適しない各ブロックについて、上式(5)の評価関数  $U_V$  の値を最小にする動きベクトル  $MV$  を求める。この場合、図 8 のステップ S1 ~ S3 及び S6 の処理を加えることにより、一意的に動きベクトル  $MV$  を決定してもよい。

10

【0108】

(S12) 動きベクトル  $MV$  を有する各ブロックについて、上式(3)の評価関数  $U_M$  が最小になるように  $ID$  を決定する。この動きベクトル  $MV$  は、ステップ S11 で求められたものであり、固定である。時刻  $t-1$  で  $ID$  が付与されていない最初の画像については、隣り合うブロックの動きベクトル  $MV$  の差が所定値以内のブロックに同一  $ID$  を付与する。

【0109】

(S13)  $ID$  及び  $MV$  が求められた各ブロックの評価関数  $U$  の値の総和  $U_T$  を求める。

【0110】

20

(S14) 総和  $U_T$  をより小さくする  $ID$  及び  $MV$  の分布を求めるために、該分布を変更する。

【0111】

(S15) ステップ S13 及び S14 を所定回数繰り返したと判定され、又は、総和  $U_T$  が収束したと判定されれば、処理を終了し、そうでなければステップ S15 へ戻る。

【0112】

このようにして、総和  $U_T$  を略最小にする  $ID$  及び  $MV$  の分布をリアルタイムで求めることができる。

【0113】

例えば、ステップ S14 で、1つのブロックの  $MV$  を所定範囲内で1画素ずらし又は1つのブロックの  $ID$  を変更し、ステップ S13 に戻って総和  $U_T$  が前の値より大きくなれば、ステップ S14 で、変更した  $MV$  又は  $ID$  を元に戻し、小さくなれば、次のブロックについて同様の変更を行う。該所定範囲は例えば、上下左右の各々について +4 画素である。

30

【0114】

また、1つのブロックの  $MV$  又は  $ID$  を変更してもその影響は全てのブロックの評価関数に波及しないので、総和  $U_T$  を求めずに、全ブロックのうち影響を受けるブロックの評価関数  $U$  の値の総和  $U_{Tportion}$  を略最小にしてもよい。この場合、各ブロックの評価関数  $U$  の値を一時記憶しておき、その前回値と今回値を比較することにより、影響の有無を判定することができる。

40

【0115】

さらに、ステップ S13 ~ S15 の繰り返し処理を行う替わりに、総和  $U_T$  を小さくする処理を予め推定し、この処理を行って総和  $U_T$  又は  $U_{Tportion}$  を計算し、その値が処理前より小さくなっていればそのオブジェクトマップを採用し、そうでなければ処理前のオブジェクトマップを採用するようにしてもよい。この推定処理は例えば、上式(5)に基づく動きベクトルの空間的平均化である。すなわち、式(5)中の  $MV$  を、 $MV = MV_{neigher} / L$  とすることにより式(5)の値を最小にすることができるので、既に求まっている  $MV_{neigher}$  を用いて、 $MV$  を  $MV = MV_{neigher} / L$  とする。

【0116】

また、ステップ S11 において、動きベクトルを求めるのに適しないブロックの動きベク

50

トルを求めないで、ステップ S 1 3 ~ S 1 5 の処理又はこれに替わる前記処理により、動きベクトルを求めるのに適しないブロックの動きベクトルを決定してもよい。

【 0 1 1 7 】

次に、第 2 実施形態の実験結果を説明する。

【 0 1 1 8 】

定数 a ~ c 及び f は試行錯誤により、 $a = 32 / 1000000$ 、 $b = 1 / 256$ 、 $c = 1 / 2$ 、 $f = 1 / 4$  と決定された。また、ステップ S 1 3 ~ S 1 5 の繰り返し処理を行う替わりに、上記動きベクトルの空間的平均化処理を行った。

【 0 1 1 9 】

図 1 5 ( A ) 及び ( B ) はそれぞれ、交差点での撮影画像及びその I D のオブジェクトマップを示す。図中の太線は、同一 I D が含まれる矩形を示す ( 以下同様 ) 。

10

【 0 1 2 0 】

図 1 6 ( A ) 及び ( B ) はそれぞれ、高速道路での低角度撮影画像及びその I D のオブジェクトマップを示す。

【 0 1 2 1 】

図 1 7 ( A ) 及び ( B ) はそれぞれ、横断歩道での撮影画像、及び、これと I D のオブジェクトマップの I D 付与部のメッシュとを重ね合わせた画像を示す。

【 0 1 2 2 】

図 1 6 ( A ) 及び図 1 7 ( B ) 中の矩形に付与された番号は、オブジェクトの I D である。

20

【 0 1 2 3 】

このような混雑し重なった移動物体を追跡することができた。

【 0 1 2 4 】

[ 第 3 実施形態 ]

図 1 0 ( C ) のようにオブジェクト境界の両側に、推定された動きベクトルの数が多く、かつ、境界の両側の動きベクトルの差の絶対値が比較的小さい場合、オブジェクト境界の精度が悪くなる。このような場合、時間を遡ってオブジェクトを追跡すると、追跡精度も悪くなる。

【 0 1 2 5 】

隣り合うブロックの動きベクトル M V の差が所定値以内のブロックに同一 I D を付与するという規則における該所定値を大きくすることにより、この問題を解決することもできるが、この場合、時間を遡る追跡処理の開始時点が遅れることになる。

30

【 0 1 2 6 】

そこで、本発明の第 3 実施形態ではこれらの問題を解決するため、図 1 8 に示す方法を行うことにより、時間を遡る追跡処理の開始時点を決する。この方法では、連続する N 画像、例えば 3 画像について、時間的に隣り合う画像における同一オブジェクト間の相関度 ( オブジェクトの時空的相関度 ) が所定値以上である場合、オブジェクト境界の信頼性が高いと判定する。

【 0 1 2 7 】

例えば図 1 9 ( A ) に示すような時刻 t - 1 のオブジェクトマップが既に作成されているとする。

40

【 0 1 2 8 】

( S 2 1 ) カウンタ C N T に初期値 0 を代入する。

【 0 1 2 9 】

( S 2 2 ) 時刻 t のオブジェクトマップを、上記第 1 実施形態で述べた方法で作成する。

図 1 9 ( B ) は時刻 t のオブジェクトマップを示す。

【 0 1 3 0 】

( S 2 3 ) 1 つのクラスに複数のオブジェクトが含まれる場合にはステップ S 2 4 へ進み、そうでなければステップ S 2 7 へ進む。

【 0 1 3 1 】

50

( S 2 4 ) 時刻  $t - 1$  と  $t$  のオブジェクトマップについて、オブジェクトの時空的相関度を求める。

【 0 1 3 2 】

例えば、図 1 9 ( A ) の一方のオブジェクト  $O B J 1 ( t - 1 )$  を、このオブジェクトの平均動きベクトルだけ移動した図形と、図 1 9 ( B ) の該一方に対応するオブジェクト  $O B J 1 ( t )$  の図形との図形論理積 ( 図 1 9 ( C ) のハッチングが施された図形 ) の面積  $A 1$  を求め、オブジェクト  $O B J 1 ( t - 1 )$  の図形の面積  $A 0$  を求め、比  $A 1 / A 0$  を相関度として求める。面積  $A 0$  は、オブジェクト  $O B J 1 ( t )$  の図形の面積  $A 0$  であってもよい。

【 0 1 3 3 】

( S 2 5 )  $A 1 / A 0$  が所定値  $r 0$  以上であればステップ S 2 6 へ進み、そうでなければステップ S 2 7 へ進む。

【 0 1 3 4 】

( S 2 6 ) カウンタ  $C N T$  を 1 だけインクリメントし、ステップ S 2 8 へ進む。

【 0 1 3 5 】

( S 2 7 ) カウンタ  $C N T$  をゼロクリアする。

【 0 1 3 6 】

( S 2 8 )  $C N T < N - 1$  であればステップ S 2 9 へ進み、そうでなければステップ S 3 0 へ進む。

【 0 1 3 7 】

( S 2 9 ) 次の時刻  $t + 1$  を  $t$  としてステップ S 2 1 へ戻る。

【 0 1 3 8 】

( S 3 0 ) オブジェクトの時空的相関度が高いと判定し、時間  $t$  から遡ってオブジェクトを追跡する。

【 0 1 3 9 】

[ 第 4 実施形態 ]

図 2 0 は、本発明の第 4 実施形態のオブジェクトマップ説明図である。

【 0 1 4 0 】

ブロックサイズを小さくすればオブジェクトの境界精度が向上する。しかし、ブロックサイズを小さくするほど、ブロックマッチングにより動きベクトルを決定することが困難になる。

【 0 1 4 1 】

この問題を解決するために、本発明の第 4 実施形態では、 $I D$  及び動きベクトル  $M V$  を付与する各ブロック  $B ( i , j )$  の動きベクトルを決定するためのブロック  $B ' ( i , j )$  のサイズを、ブロック  $B ( i , j )$  のサイズよりも大きくしている。ブロック  $B ' ( i , j )$  はブロック  $B ( i , j )$  と同心であり、ブロック  $B ' ( i , j )$  内にブロック  $B ( i , j )$  が含まれている。

【 0 1 4 2 】

例えば図 2 0 において、ブロック  $B ' ( t : 3 , 1 0 )$  は、ブロック  $B ( t : 3 , 1 0 )$  の動きベクトルを求めるためのものである。図 5 の場合と同様に、ブロック  $B ' ( t : 3 , 1 0 )$  の画像と、時刻  $t - 1$  のブロックサイズの領域  $A X$  の画像とのテクスチャ相関度を、所定範囲  $A M$  内で領域  $A X$  を 1 画素移動させる毎に求める。

【 0 1 4 3 】

他の点は、上記第 1、第 2 又は第 3 実施形態と同一である。

【 0 1 4 4 】

[ 第 5 実施形態 ]

上記実施形態では、ブロック単位で背景画像と比較することにより、オブジェクトが存在するかどうかを調べているので、背景画像を特別扱いしなければならない。また、例えば過去 1 0 分間の撮影画像に基づいて背景画像を生成しているので、カメラが揺れた場合には、この揺れを背景画像に反映させることができない。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 5 】

そこで、本発明の第 5 実施形態では、このような問題を解決するために、背景画像もオブジェクトとみなしてオブジェクトマップを作成する。オブジェクトマップ生成方法は、背景画像と比較してブロックに移動物体が存在するかどうかを判定する点以外は、上記第 1、第 2、第 3 又は第 4 実施形態と同一である。背景画像もオブジェクトとみなすので、全てのブロックについて、ブロックマッチングを行うことにより ID を付与し MV を決定する。

## 【 0 1 4 6 】

次に、図 1 1 の処理により時刻  $t$  のオブジェクトマップが作成される過程の概略を図 2 1 及び図 2 2 に基づいて説明する。

10

## 【 0 1 4 7 】

( S 1 1 ) 時刻  $t$  で各ブロックについて、上式 ( 2 ) の評価関数  $UD$  の値を最小にする動きベクトル  $MV$  を求める。但し、上述の動きベクトルを求めるのに適しないブロックについては動きベクトル  $MV$  を求めない。

## 【 0 1 4 8 】

図 2 1 ( A ) に示すような画像に対し、この処理を行うことにより、図 2 1 ( B ) に示すような動きベクトルのオブジェクトマップが得られる。図 2 1 ( B ) において、点線はブロックの境界線であり、ドットは動きベクトルが 0 であることを示している。

## 【 0 1 4 9 】

次に、動きベクトルを求めるのに適しない各ブロックについて、上式 ( 5 ) の評価関数  $UV$  の値を最小にする動きベクトル  $MV$  を求める。これにより、図 2 2 ( A ) に示すような動きベクトルのオブジェクトマップが得られる。

20

## 【 0 1 5 0 】

ステップ S 1 2 ~ S 1 5 の処理は第 2 実施形態と同一である。

## 【 0 1 5 1 】

ステップ S 1 2 の処理により、図 2 2 ( B ) に示すような ID のオブジェクトマップが得られる。

## 【 0 1 5 2 】

このようにすれば、特別な背景画像を用いる必要がなく、また、カメラが揺れても、背景画像を識別することができる。また、画像上に入口スリットを設ける必要がなくなる。さらに、画像の枠から出たオブジェクトの ID を消滅させることにより、出口スリットを用いなくてもよい。

30

## 【 0 1 5 3 】

## [ 第 6 実施形態 ]

以上の実施形態では、画像をブロックに分割し、ブロック単位でオブジェクトの ID 及び  $MV$  を決定していたので、ブロックの境界と無関係な移動物体の一部、例えばブロックサイズの領域を追跡することができなかった。

## 【 0 1 5 4 】

本発明の第 6 実施形態では、画像をブロックに分割し、ブロック単位でオブジェクトの ID 及び  $MV$  を決定するとともに、ブロックの境界と無関係な移動物体の一部を追跡する。

40

## 【 0 1 5 5 】

図 2 のオブジェクトマップ記憶部 2 6 には、図 2 3 に示すように、時刻  $t \sim t - 5$  の時系列画像に対応したオブジェクトマップ  $OM(t) \sim OM(t - 5)$  が格納されている。

## 【 0 1 5 6 】

次の時刻では、 $t - 1$  とされ、すなわちオブジェクトマップ  $OM(t) \sim OM(t - 5)$  がそれぞれ  $OM(t - 1) \sim OM(t - 6)$  とされる。そして、最も古いオブジェクトマップ  $OM(t - 6)$  が新たなオブジェクトマップ  $OM(t)$  で更新される。

## 【 0 1 5 7 】

図 2 の移動物体追跡部 2 7 において、移動物体の一部の追跡が以下のようにして行われる。

50

## 【 0 1 5 8 】

図 2 4 ( A ) に示すように、オブジェクトマップ  $OM(t)$  上の着目領域  $A(t)$  の動きベクトルが  $MV(t)$  であるとする。図 2 4 ( A ) 中の点線はブロックの境界であり、この例では着目領域  $A(t)$  が 1 つのブロックに一致している。

## 【 0 1 5 9 】

図 2 4 ( B ) に示すように、着目領域  $A(t)$  を、 $-MV(t)$  移動させた領域に対応するオブジェクトマップ  $OM(t-1)$  の着目領域  $A(t-1)$  を求める。

## 【 0 1 6 0 】

着目領域  $A(t-1)$  の動きベクトル  $MV(t-1)$  を、次のような重み付き平均により求める。

10

## 【 0 1 6 1 】

$$MV(t-1) = (MV1 \cdot S1 + MV2 \cdot S2 + MV3 \cdot S3 + MV4 \cdot S4) / (S1 + S2 + S3 + S4)$$

ここに、 $MV1 \sim MV4$  は着目領域  $A(t-1)$  と重なった第 1 ~ 4 ブロックの動きベクトルであり、 $S1 \sim S4$  は着目領域  $A(t-1)$  と重なった第 1 ~ 4 ブロックの重なり部分画素数である。

## 【 0 1 6 2 】

図 2 4 ( C ) に示すように、着目領域  $A(t-1)$  を、 $-MV(t-1)$  移動させた領域に対応するオブジェクトマップ  $OM(t-2)$  の着目領域  $A(t-2)$  を求める。

## 【 0 1 6 3 】

着目領域  $A(t-2)$  の動きベクトル  $MV(t-2)$  を、上記同様にして求める。

20

## 【 0 1 6 4 】

このような着目領域の移動と移動後の着目領域の動きベクトル算出の処理を繰り返すことにより、着目領域を、ブロックの境界と無関係に追跡することができる。すなわち、時刻  $t$  の着目領域  $A(t)$  に対し、時刻  $t-1 \sim t-5$  の着目領域  $A(t-1) \sim A(t-5)$  を求めることができる。

## 【 0 1 6 5 】

本発明の第 6 実施形態によれば、移動物体の一部である着目領域を追跡することができ、例えば着目領域の行動パターンを解析したり、分類したり、特定の行動パターンであると判定したりすることが可能となる。また、複数の着目領域間の相対位置の行動パターンを解析したり、分類したり、特定の行動パターンであると判定したりすることが可能となる。

30

## 【 0 1 6 6 】

上記の例では、時刻  $t$  での着目領域が 1 つのブロックに一致する場合を説明したが、図 2 4 ( B ) のように着目領域が 1 つのブロックに一致しない場合であってもよい。この場合の着目領域の動きベクトルは、上記のように重み付き平均により求める。

## 【 0 1 6 7 】

また、上記の例では、時間を遡って着目領域を追跡する場合を説明したが、オブジェクトマップ  $OM(t-5)$  上の着目領域  $A(t-5)$  から出発し、動きベクトルの正方向へ着目領域を移動させることにより、着目領域を追跡してもよい。この場合、新たなオブジェクトマップ  $OM(t)$  が求まる毎に、着目領域  $A(t)$  を求めることにより、着目領域を追跡することができる。

40

## 【 0 1 6 8 】

さらに、着目領域はブロックサイズより大きくても小さくてもよい。

## 【 0 1 6 9 】

## [ 第 7 実施形態 ]

次に、オブジェクト境界認識に上記第 6 実施形態の方法を利用した例を、第 7 実施形態として説明する。

## 【 0 1 7 0 】

図 2 5 ( A ) において、オブジェクトマップ  $OM(t)$  上の隣り合う着目領域  $A_i(t)$

50

及び  $A_j(t)$  の動きベクトルがそれぞれ  $MV_i(t)$  及び  $MV_j(t)$  であるとする。領域  $A_i(t)$  及び  $A_j(t)$  が互いに異なる移動物体の一部であっても、 $|MV_i(t) - MV_j(t)|$  が比較的小さい場合、両者を異なる移動物体と認識することができない。特に、カメラから遠く離れた複数の移動物体が互いに重なって見える場合、この問題が生ずる。

#### 【0171】

そこで、上記第6実施形態の方法により、オブジェクトマップ  $OM(t-5)$  上の着目領域  $A_i(t-5)$  及び  $A_j(t-5)$  を決定する。領域  $A_i(t-5)$  の中心から領域  $A_i(t)$  の中心までの動きベクトルを、早送り動きベクトル  $MV_i(t-5, t)$  として求める。同様に、領域  $A_j(t-5)$  の中心から領域  $A_j(t)$  の中心までの動きベクトルを、早送り動きベクトル  $MV_j(t-5, t)$  として求める。そして、 $|MV_i(t-5, t) - MV_j(t-5, t)|$  の値が所定値を越えていれば、着目領域  $A_i(t)$  と  $A_j(t)$  の境界が互いに異なる移動物体の境界であると認識する。

10

#### 【0172】

このような処理を、オブジェクトマップ  $OM(t)$  上の1つのクラスタ内の全ての隣り合うブロックに適用することにより、該クラスタに含まれている複数の移動物体を分割認識することができる。

#### 【0173】

上記の例では  $|MV_i(t-k, t) - MV_j(t-k, t)|$  の  $k$  が5である場合を説明したが、重なって見える移動物体間の画像上相対速度が小さいほど  $k$  の値を大きくした方が好ましい。

20

#### 【0174】

そこで、1つのクラスタについて、図26に示すような動きベクトルの絶対値のヒストグラムを作成する。ピークが複数存在すれば、このクラスタに複数の移動物体が含まれていると推定できる。ピーク間の距離  $V$  に対し、 $k$  の値を、

$$k = \lceil V \rceil$$

と決定する。ここに  $\lceil \cdot \rceil$  は試行錯誤により定められる定数であり、 $\lceil \cdot \rceil$  は四捨五入による整数化を意味する。

#### 【0175】

#### [第8実施形態]

図27は、本発明の第8実施形態の移動体境界認識方法を示すフローチャートである。

30

#### 【0176】

この方法では、上記ヒストグラムを作成せずに、図25(A)の2つの着目領域について、以下のように  $k$  の値を0から最大値  $k_{max}$  まで変化させる。 $k_{max}$  は例えば、10フレーム/秒の場合、5である。

#### 【0177】

(S31)  $k$  に初期値0を代入する。

#### 【0178】

(S32)  $|MV_i(t-k, t) - MV_j(t-k, t)| > \text{所定値}$  であればステップS33へ進み、そうでなければステップS34へ進む。

40

#### 【0179】

(S33) 着目領域  $A_i(t)$  と  $A_j(t)$  の境界が互いに異なる移動物体の境界であると認識する。

#### 【0180】

(S34)  $k$  の値を1だけインクリメントする。

#### 【0181】

(S35)  $k > k_{max}$  であればステップS36へ進み、そうでなければステップS32へ戻る。

#### 【0182】

(S36) 着目領域  $A_i(t)$  と  $A_j(t)$  が同一移動物体に属すると認識する。

50



## 【 0 1 8 3 】

他の点は、上記第 7 実施形態と同一である。

## 【 0 1 8 4 】

この第 8 実施形態によれば、上記ヒストグラムを作成せずに  $k$  の値が自動的に決定される。

## 【 0 1 8 5 】

なお、本発明には外にも種々の変形例が含まれる。

## 【 0 1 8 6 】

例えば、上記実施形態では空間的差分画像を処理して移動物体を追跡する場合を説明したが、本発明は各種エッジ画像や原画像を処理して移動物体（移動物体の一部を含む）を追跡する構成であってもよい。

10

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】交差点及びこれに配置された本発明の第 1 実施形態の移動物体追跡装置の概略を示す図である。

【図 2】図 1 中の移動物体追跡装置の機能ブロック図である。

【図 3】図 3 に示す如くフレーム画像内の、交差点への 4 つの入口及び交差点からの 4 つの出口にそれぞれ設定されたスリット及びブロックに付与された移動物体の ID を示す説明図である。

【図 4】(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t - 1$  及び  $t$  の画像をブロック境界線とともに模式的に示す図である。

20

【図 5】(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t - 1$  及び  $t$  の画像を画素境界線とともに模式的に示す図である。

【図 6】(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t - 1$  及び  $t$  の画像を、ブロックに付与された動きベクトルとともに模式的に示す図である。

【図 7】(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t - 1$  及び  $t$  のオブジェクトマップに付与された動きベクトル及びオブジェクト境界を模式的に示す図である。

【図 8】未定動きベクトルの推定方法を示すフローチャートである。

【図 9】(A) 及び (B) は図 8 の処理を説明するための、オブジェクトマップに付与された動きベクトル及びオブジェクト境界を模式的に示す図である。

【図 10】(A) ~ (C) は図 8 の処理を説明するための、オブジェクトマップに付与された動きベクトル及びオブジェクト境界を模式的に示す図である。

30

【図 11】本発明の第 2 実施形態のオブジェクトマップ作成方法を示すフローチャートである。

【図 12】(A) 及び (B) は時空的テクスチャ相関度の説明図である。

【図 13】(A) 及び (B) は空間的 ID 相関度の説明図である。

【図 14】(A) 及び (B) は空間的動きベクトル相関度の説明図である。

【図 15】本発明の第 2 実施形態の実験結果を示す図であって、(A) 及び (B) はそれぞれ、交差点での撮影画像及びその ID のオブジェクトマップを示す図である。

【図 16】本発明の第 2 実施形態の実験結果を示す図であって、(A) 及び (B) はそれぞれ、高速道路での低角度撮影画像及びその ID のオブジェクトマップを示す図である。

40

【図 17】本発明の第 2 実施形態の実験結果を示す図であって、(A) 及び (B) はそれぞれ、横断歩道での撮影画像、及び、これと ID のオブジェクトマップの ID 付与部のメッシュとを重ね合わせた画像を示す図である。

【図 18】本発明の第 3 実施形態の、クラスタを分割するオブジェクト境界が確定したかどうかを判断する方法を示すフローチャートである。

【図 19】(A) ~ (C) は図 18 の処理を説明するための図である。

【図 20】本発明の第 4 実施形態のブロックマッチング説明図であって、(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t - 1$  及び  $t$  の画像をブロック境界線とともに模式的に示す図である。

【図 21】(A) 及び (B) は本発明の第 5 実施形態を説明するための図であって、(A) は画像を模式的に示す図、(B) は第 1 段階で求められる動きベクトルのオブジェクト

50

マップを示す図である。

【図 2 2】( A ) 及び ( B ) は該第 5 実施形態を説明するための図であって、( A ) は第 2 段階で求められる動きベクトルのオブジェクトマップを示す図、( B ) は I D のオブジェクトマップを示す図である。

【図 2 3】着目領域を追跡する本発明の第 6 実施形態を説明するための時系列オブジェクトマップを示す図である。

【図 2 4】( A ) ~ ( C ) は、時間を遡って着目領域を追跡する方法の説明図である。

【図 2 5】( A ) 及び ( B ) は本発明の第 7 実施形態のオブジェクト境界認識方法説明図である。

【図 2 6】1 つのクラスタについての、動きベクトルの絶対値のヒストグラムを示す図である。

10

【図 2 7】本発明の第 8 実施形態のオブジェクト境界認識方法を示すフローチャートである。

【図 2 8】道路中央線上方に設置されたカメラで撮像された時系列画像を模式的に示す図である。

【符号の説明】

- 1 0 カメラ
- 2 0 移動物体追跡装置
- 2 1 画像メモリ
- 2 2 画像変換部
- 2 3 フレームバッファメモリ
- 2 4 背景画像生成部
- 2 5 I D 生成 / 消滅部
- 2 6 オブジェクトマップ記憶部
- 2 7 移動物体追跡部

20

【図 1】

【図 2】

交差点及びこれに配置された本発明の第 1 実施形態の装置の概略を示す図

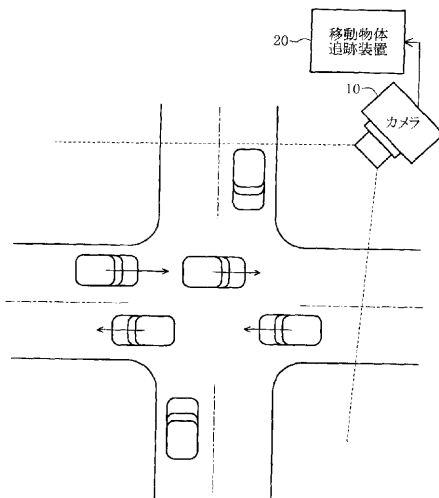
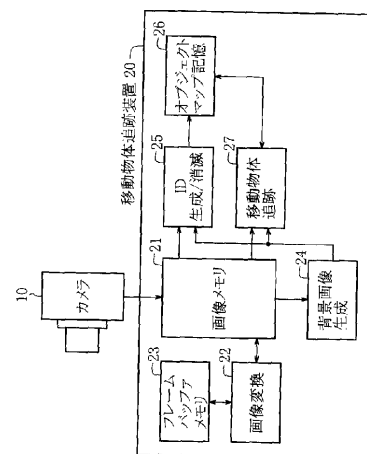
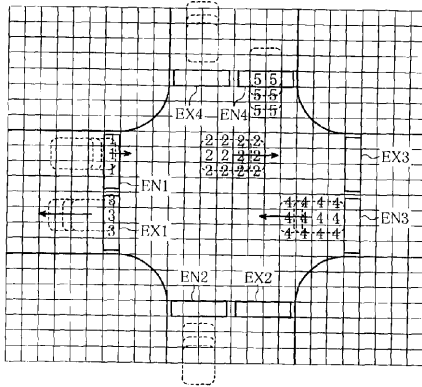


図 1 中の移動物体追跡装置の機能ブロック図



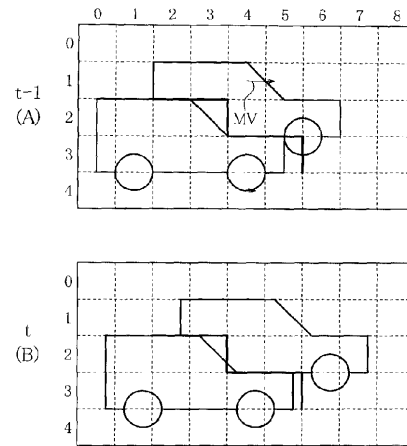
【図 3】

交差点への4つの入口及び交差点からの4つの出口に設定されたスリット及びブロックに付された移動物体のIDを示す説明図



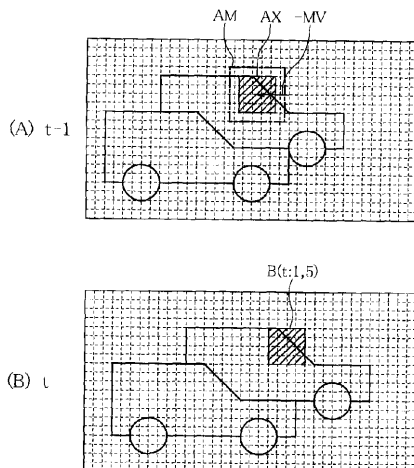
【図 4】

(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t-1$  及び  $t$  の画像をブロック境界線とともに模式的に示す図



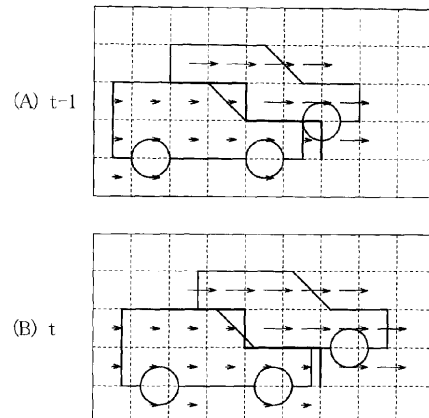
【図 5】

(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t-1$  及び  $t$  の画像を画素境界線とともに模式的に示す図



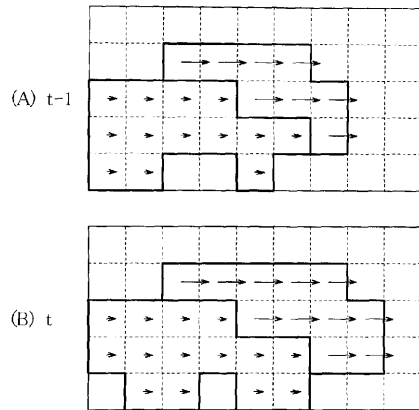
【図 6】

(A) 及び (B) はそれぞれ時刻  $t-1$  及び  $t$  の画像を、ブロックに付与された動きベクトルとともに模式的に示す図



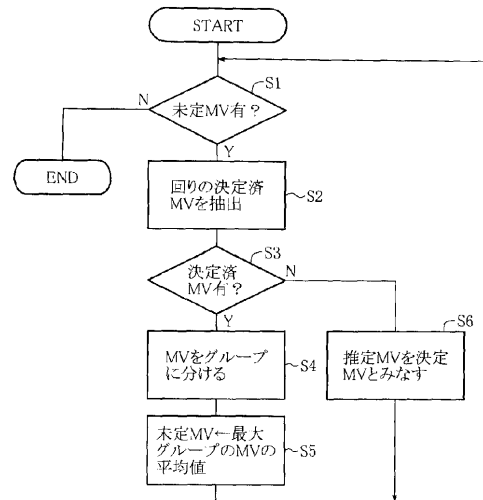
【図 7】

(A)及び(B)はそれぞれ時刻 $t-1$ 及び $t$ のオブジェクトマップに付与された動きベクトル及びオブジェクト境界を模式的に示す図



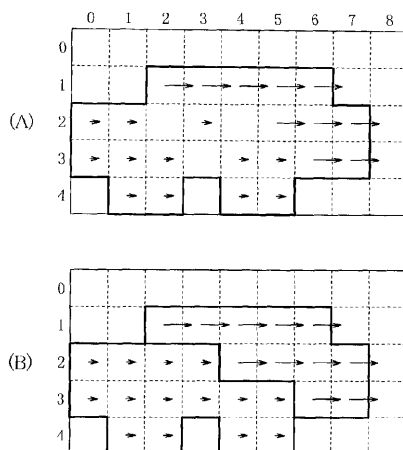
【図 8】

未定動きベクトルの推定方法を示すフローチャート



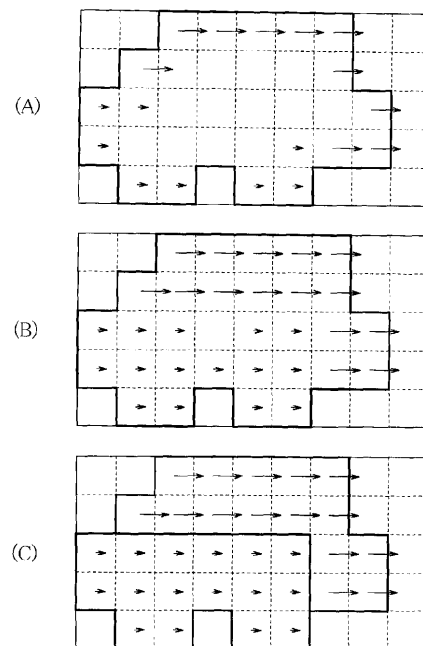
【図 9】

(A)及び(B)は図8の処理を説明するための、オブジェクトマップに付与された動きベクトル及びオブジェクト境界を模式的に示す図



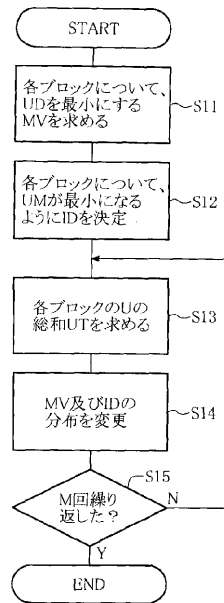
【図 10】

(A)～(C)は図8の処理を説明するための、オブジェクトマップに付与された動きベクトル及びオブジェクト境界を模式的に示す図



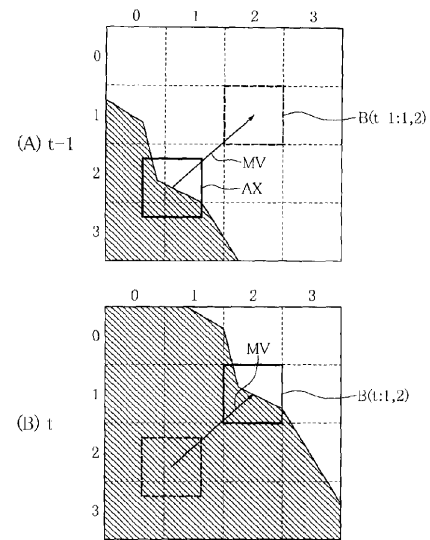
【図 1 1】

本発明の第2実施形態のオブジェクトマップ作成方法を示すフローチャート



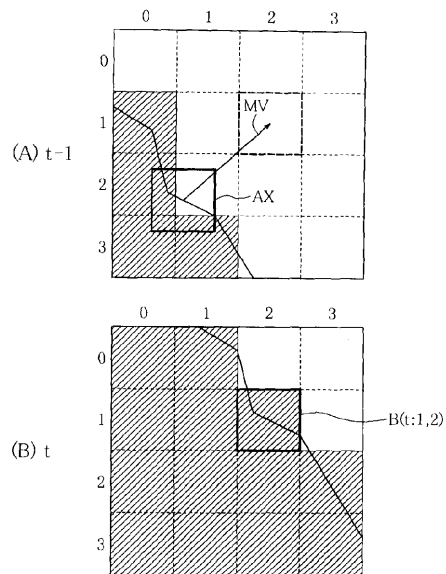
【図 1 2】

(A) 及び (B) は時空間的テクスチャ相関度の説明図



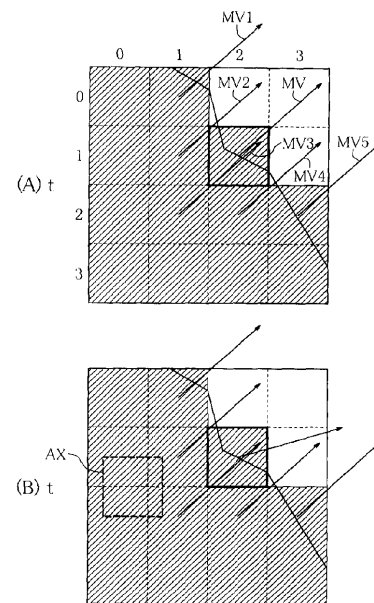
【図 1 3】

(A) 及び (B) は空間的ID相関度の説明図



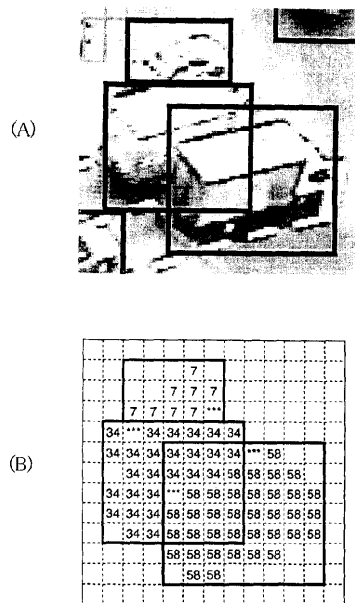
【図 1 4】

(A) 及び (B) は空間的動きベクトル相関度の説明図



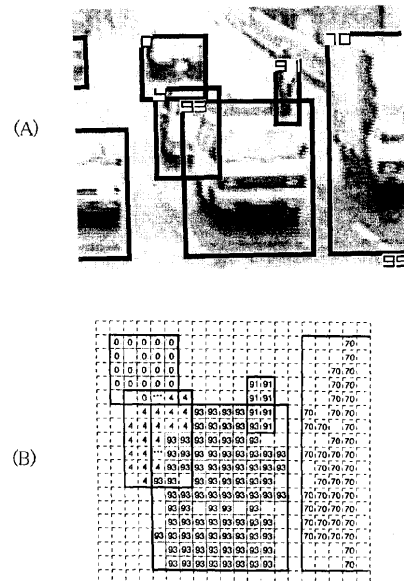
【 ㊦ 1 5 】

本発明の第2実施形態の実験結果を示す図であって、(A)及び(B)はそれぞれ、交差点での撮影画像及びそのIDのオブジェクトマップを示す図



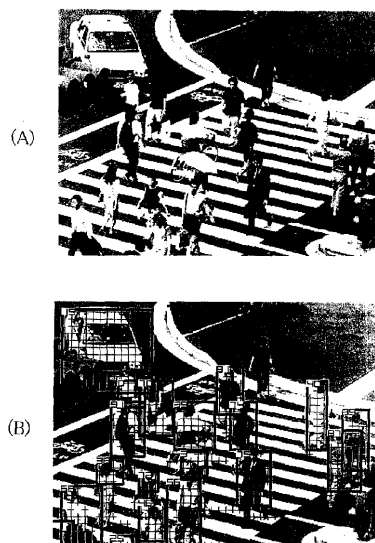
【 図 1 6 】

本発明の第2実施形態の実験結果を示す図であって、(A)及び(B)はそれぞれ、高速道路での低角度撮影画像及びそのIDのオブジェクトマップを示す図



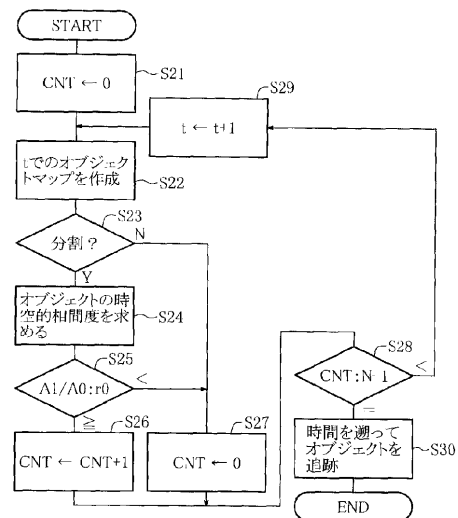
【 図 1 7 】

本発明の第2実施形態の実験結果を示す図であって、(A)及び(B)はそれぞれ、横断歩道での撮影画像、及び、これとIDのオブジェクトマップのID付与部のメッシュとを重ね合わせた画像を示す図

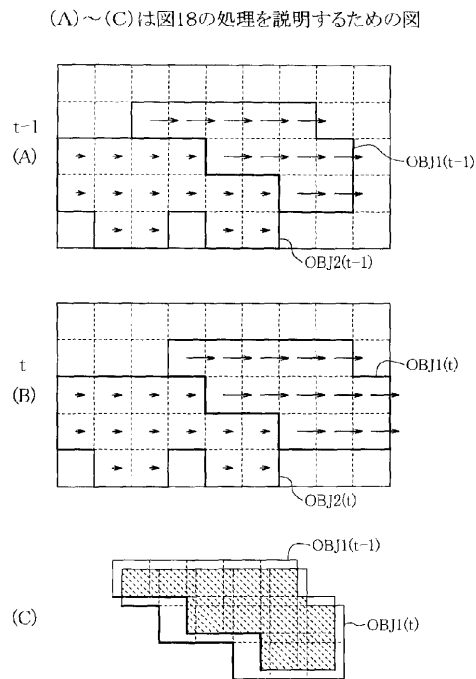


【 図 1 8 】

本発明の第3実施形態の、クラスタを分割するオブジェクト境界が確定したかどうかを判断する方法を示すフローチャート

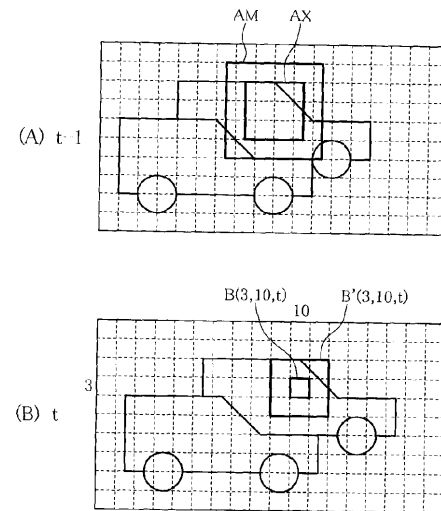


【図 19】



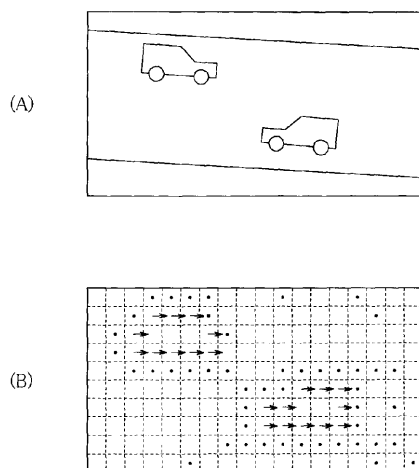
【図 20】

本発明の第4実施形態のブロックマッチング説明図であって、(A)及び(B)はそれぞれ時刻 $t-1$ 及び $t$ の画像をブロック境界線とともに模式的に示す図



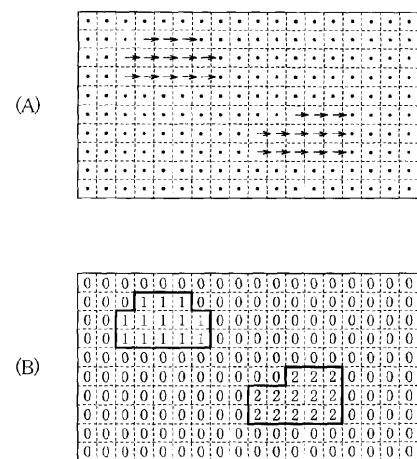
【図 21】

(A)及び(B)は本発明の第5実施形態を説明するための図であって、(A)は画像を模式的に示す図、(B)は第1段階で求められる動きベクトルのオブジェクトマップを示す図



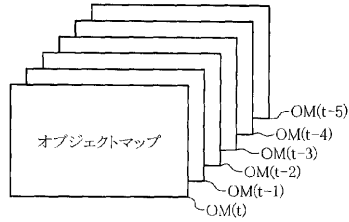
【図 22】

(A)及び(B)は該第5実施形態を説明するための図であって、(A)は第2段階で求められる動きベクトルのオブジェクトマップを示す図、(B)はIDのオブジェクトマップを示す図



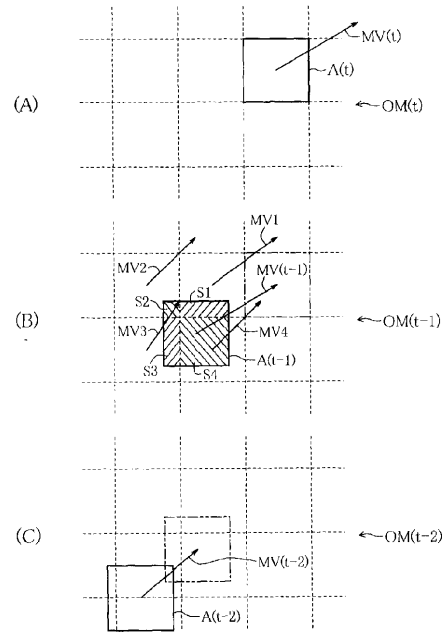
【図 23】

着目領域を追跡する本発明の第6実施形態を説明するための時系列オブジェクトマップを示す図



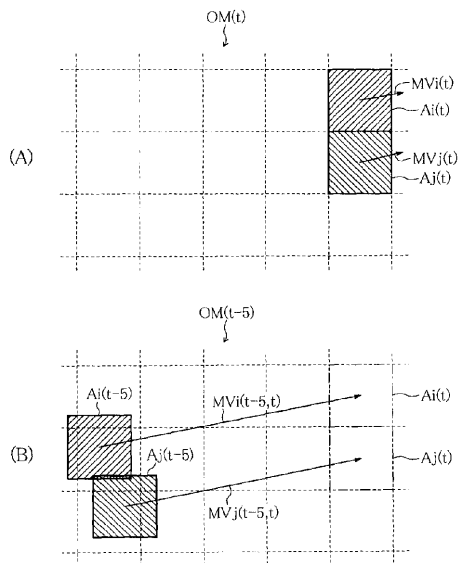
【図 24】

(A)～(C)は、時間を遡って着目領域を追跡する方法の説明図



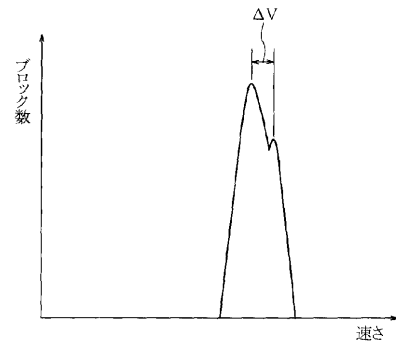
【図 25】

(A)及び(B)は本発明の第7実施形態のオブジェクト境界認識方法説明図



【図 26】

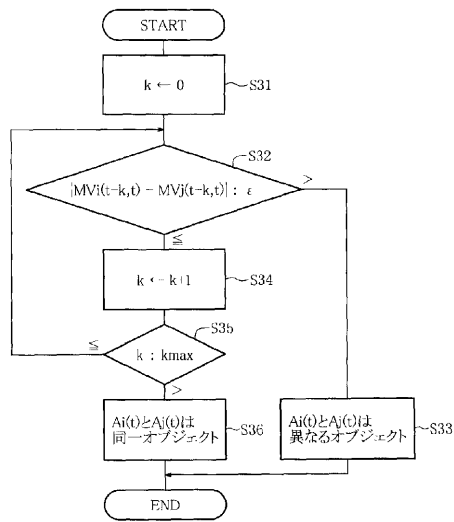
1つのクラスタについての、動きベクトルの絶対値のヒストグラムを示す図





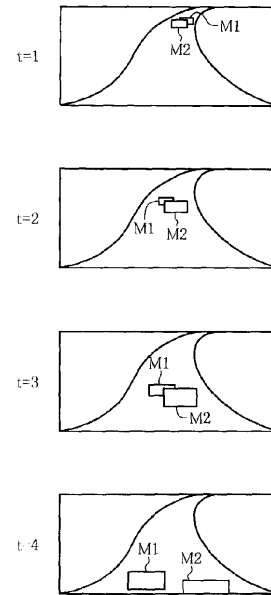
【図 27】

本発明の第8実施形態のオブジェクト  
境界認識方法を示すフローチャート



【図 28】

道路中央線上方に設置されたカメラで撮像された  
時系列画像を模式的に示す図



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 9 - 1 8 5 7 2 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 3 3 4 2 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 3 5 7 4 0 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G06T 7/00 ~ 7/60

H04N 7/18