

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4275378号  
(P4275378)

(45) 発行日 平成21年6月10日(2009.6.10)

(24) 登録日 平成21年3月13日(2009.3.13)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 6 T 1/00 (2006.01)** GO 6 T 1/00 3 1 5  
**GO 1 B 11/00 (2006.01)** GO 1 B 11/00 H

請求項の数 10 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-282644 (P2002-282644)                  (22) 出願日 平成14年9月27日(2002.9.27)                  (65) 公開番号 特開2004-118638 (P2004-118638A)                  (43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)                  審査請求日 平成17年9月26日(2005.9.26)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000005348                  富士重工業株式会社                  東京都新宿区西新宿一丁目7番2号</p> <p>(74) 代理人 100101982                  弁理士 久米川 正光</p> <p>(72) 発明者 十川 能之                  東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士                  重工業株式会社内</p> <p>審査官 岡本 俊威</p> <p>(56) 参考文献 特開2001-082927 (JP, A)                  )                  特開2002-267441 (JP, A)                  )</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 ステレオ画像処理装置およびステレオ画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一対の撮像画像に基づいて、一方の撮像画像における画像領域の相関先を他方の撮像画像において特定することにより、前記画像領域に関する視差を算出するステレオ画像処理装置において、

一方の撮像画像において相関元となる画像領域を特定し、当該特定された画像領域の相関先の候補となる画像領域を他方の撮像画像において特定するとともに、前記相関元として特定された画像領域と前記相関先の候補として特定された画像領域との相関関係の評価するステレオマッチング部と、

前記相関関係の評価対象となる前記画像領域の面積を可変に制御する領域制御部とを有し、

前記領域制御部は、予め規定された境界線によって前記一方の撮像画像の画像平面を複数のエリアに分割し、前記相関元として特定される画像領域が位置する前記エリアに応じて、前記画像領域の面積を切替えることを特徴とするステレオ画像処理装置。

【請求項2】

前記領域制御部は、画像平面上を水平方向に延在する前記境界線の上方における前記画像領域の面積を、前記境界線の下方における前記画像領域の面積よりも大きくすることを特徴とする請求項1に記載されたステレオ画像処理装置。

【請求項3】

前記領域制御部は、前記画像領域の面積を、少なくとも、所定の面積を有する第1の面

10

20

積と、当該第 1 の面積より大きな第 2 の面積とに切替えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載されたステレオ画像処理装置。

【請求項 4】

前記領域制御部は、前記一对の撮像画像に関する撮像状況に応じて、前記画像領域の面積を切替えることを特徴とする請求項 1 に記載されたステレオ画像処理装置。

【請求項 5】

前記領域制御部は、少なくとも夜間、雨天、霧、逆光、または、雪面のいずれかの撮像状況では、前記画像領域の面積を、所定の面積を有する第 1 の面積より大きな第 2 の面積に切替えることを特徴とする請求項 4 に記載されたステレオ画像処理装置。

【請求項 6】

前記ステレオマッチング部は、前記画像領域中のそれぞれの画素に対応付けて設定された重み係数に基づいて、前記相関関係の評価を行い、

前記領域制御部は、前記相関関係の評価対象となる前記画像領域において、中央領域の周囲に位置する周辺領域の前記重み係数を可変に制御することを特徴とする請求項 1 に記載されたステレオ画像処理装置。

【請求項 7】

前記領域制御部は、前記周辺領域における前記重み係数の値を、0、または、0以外に切替えることを特徴とする請求項 6 に記載されたステレオ画像処理装置。

【請求項 8】

一对の撮像画像に基づいて、一方の撮像画像における画像領域の相関先を他方の撮像画像において特定することにより、前記画像領域に関する視差を算出するステレオ画像処理方法において、

一方の撮像画像において、相関元となる画像領域を特定するステップと、

前記特定された画像領域の相関先の候補となる画像領域を他方の撮像画像において特定するステップと、

前記相関元として特定された画像領域と前記相関先の候補として特定された画像領域との相関関係の評価するステップと、

予め規定された境界線によって前記一方の撮像画像の画像平面を複数のエリアに分割し、前記相関元として特定される画像領域が位置する前記エリアに応じて、前記相関関係の評価対象となる前記画像領域の面積を切替えるステップと

を有することを特徴とするステレオ画像処理方法。

【請求項 9】

前記画像領域の面積を切替えは、前記一对の撮像画像に関する撮像状況に応じて、行われることを特徴とする請求項 8 に記載されたステレオ画像処理方法。

【請求項 10】

前記相関性の評価は、前記画像領域中のそれぞれの画素に対応付けて設定された重み係数に基づいて行い、

前記相関関係の評価対象となる前記画像領域において、中央領域の周囲に位置する周辺領域の前記重み係数を可変に制御するステップをさらに有することを特徴とする請求項 8 に記載されたステレオ画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステレオ画像処理装置およびステレオ画像処理方法に係り、特に、画像領域の面積を切替えてステレオマッチングを行うステレオ画像処理装置およびステレオ画像処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、空間の三次元認識を行うために、一对の撮像画像を用いて対象物の距離（すなわち視差）を算出するステレオ画像処理装置が知られている。このステレオ画像処理装置は、

10

20

30

40

50

ステレオカメラから取得した一対の撮像画像に基づき、両撮像画像に写し出された同一対象物に関する位置的なずれ量、すなわち視差を算出する。この視差算出に関する処理では、一方の撮像画像（基準画像）が行列状に分割された小領域毎の画像領域、すなわち、画素ブロックに関して、その相関先を他方の撮像画像（比較画像）において特定する、所謂、ステレオマッチングが用いられる。そして、一フレーム相当の撮像画像から、画素ブロックの個数相当の視差群が算出されるとともに、この視差群と、撮像画像により規定される画像平面上の座標位置とが対応付けられた距離データが算出される。

【0003】

ところで、この画素ブロックの面積を大きくすることは、ブロック内に含まれる画素数が増えるので、画素ブロック間における輝度特性の相関関係を評価する際に、マッチングの

10

【0004】

【特許文献1】

特開2002-267441号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、画素ブロックの面積を大きくした場合、視差の算出単位となる画素ブロックの位置と、その画素ブロックに関して算出された視差に対応する実座標位置とがオフセットしてしまう可能性がある。なぜならば、マッチングされる一対の画素ブロックは輝度に関する定量的な値としてその相関が評価されるため、相関先として特定される画素ブロックの位置は輝度変化の大きな部位に大きく影響されるからである。したがって、画素ブロックの面積が大きくなると、画素数が多くなるため、この視差の位置ずれの影響が大きくなる。この結果、この位置ずれに起因して、対象物の認識精度が低下する可能性が考えられる。対象物がカメラ光軸に正立するような立体物であればこのような認識精度の低下は少ないが、地面（例えば、道路など）のように斜めに写る対象物では、この影響が大きく、地面の認識誤差に繋がる可能性がある。

20

【0006】

また、画像に関する撮像状況が悪い環境、例えば、雨天や夜間では、晴天時に比べ画像に輝度的な特徴が小さいため、マッチングの確実性を優先させるならば、画素ブロックは大きな面積である方が有利である。しかしながら、上述したように視差の位置ずれという問題が生じ得るため、特に大きな面積を必要とせずともマッチングの確実性が確保できるような状況では、画素ブロックの面積は小さい方が有利である。従来では、ステレオマッチング処理に際し、画素ブロックの面積は一定として取り扱われていたため、このような問題のうちどちらか一方を無視し、画素ブロックの大きさを決定せざる得なかった。

30

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、マッチングの確実性を向上させるとともに、視差を精度よく算出することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するために、第1の発明は、一対の撮像画像に基づいて、一方の撮像画像における画像領域の相関先を他方の撮像画像において特定することにより、画像領域に関する視差を算出するステレオ画像処理装置において、ステレオマッチング部と、領域制御部とを有するステレオ画像処理装置を提供する。この第1の発明において、ステレオマッチング部は、一方の撮像画像において相関元となる画像領域を特定し、特定された画像領域の相関先の候補となる画像領域を他方の撮像画像において特定する。そして、相関元として特定された画像領域と相関先の候補として特定された画像領域との相関関係が評価される。また、領域制御部は、相関関係の評価対象となる画像領域の面積を可変に制御する。この領域制御部は、予め規定された境界線によって一方の撮像画像の画像平面を複数のエリアに分割し、相関元として特定される画像領域が位置するエリアに応じて、画像領域の面積を切替える。

40

50

## 【0009】

ここで、第1の発明において、領域制御部は、画像平面上を水平方向に延在する境界線の上方における画像領域の面積を、境界線の下方における画像領域の面積よりも大きくすることが好ましい。また、第1の発明において、領域制御部は、画像領域の面積を、少なくとも、所定の面積を有する第1の面積と、第1の面積より大きな第2の面積とに切替えることが好ましい。

## 【0010】

また、第1の発明において、領域制御部は、一对の撮像画像に関する撮像状況に応じて、画像領域の面積を切替えることが好ましい。この場合、領域制御部は、少なくとも夜間、雨天、霧、逆光、または、雪面のいずれかの撮像状況では、画像領域の面積を、所定の面積を有する第1の面積より大きな第2の面積に切替えることが好ましい。

10

## 【0011】

また、第1の発明において、ステレオマッチング部は、画像領域中のそれぞれの画素に対応付けて設定された重み係数に基づいて、前記相関関係の評価を行い、領域制御部は、相関関係の評価対象となる前記画像領域において、中央領域の周囲に位置する周辺領域の前記重み係数を可変に制御することが好ましい。

## 【0012】

また、第1の発明において、領域制御部は、周辺領域における重み係数の値を、0、または、0以外に切替えることが好ましい。

## 【0013】

また、第2の発明は、一对の撮像画像に基づいて、一方の撮像画像における画像領域の相関先を他方の撮像画像において特定することにより、画像領域に関する視差を算出するステレオ画像処理方法を提供する。この第3の発明は、第1のステップとして、一方の撮像画像において、相関元となる画像領域を特定する。第2のステップとして、特定された画像領域の相関先の候補となる画像領域を他方の撮像画像において特定する。第3のステップとして、相関元として特定された画像領域と相関先の候補として特定された画像領域との相関関係の評価する。そして、第4のステップとして、予め規定された境界線によって一方の撮像画像の画像平面を複数のエリアに分割し、相関元として特定される画像領域が位置するエリアに応じて、相関関係の評価対象となる画像領域の面積を切替える。

20

## 【0014】

ここで、第2の発明において、画像領域の面積を切替えは、一对の撮像画像に関する撮像状況に応じて行ってもよい。

30

## 【0015】

また、第2の発明において、上記相関性の評価は、前記画像領域中のそれぞれの画素に対応付けて設定された重み係数に基づいて行ってもよい。この場合、相関関係の評価対象となる画像領域において、中央領域の周囲に位置する周辺領域の前記重み係数を可変に制御するステップをさらに設けることが好ましい。

## 【0017】

## 【発明の実施の形態】

## (第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態にかかるステレオ画像処理装置1のブロック構成図である。同図に示すステレオ画像処理装置1は、一例として、車外監視装置の一部として機能しており、一对の撮像画像を用いてステレオ画像処理を行うとともに、この処理された情報に基づき、自車両前方の状況を認識・監視する。

40

## 【0018】

車外の景色を撮像するステレオカメラは、ルームミラーの近傍に取り付けられており、一对のカメラ2, 3で構成されている。これら一对のカメラ2, 3のそれぞれには、イメージセンサ(例えば、CCDまたはCMOSセンサ等)が内蔵されている。メインカメラ2は、ステレオ画像処理を行う際に必要な基準画像(右画像)を撮像し、サブカメラ3は、比較画像(左画像)を撮像する。互いの同期が取れている状態において、カメラ2, 3が

50

ら出力された各アナログ画像は、A/Dコンバータ4,5により、所定の輝度階調（例えば、256階調のグレースケール）のデジタル画像に変換される。

【0019】

デジタル化された一对の画像データは、画像補正部6において、輝度の補正や画像の幾何学的な変換等が行われる。通常、一对のカメラ2,3の取付位置は、程度の差はあるものの誤差が存在するため、それに起因したずれが左右の各画像に生じている。このずれを補正するために、アフィン変換等を用いて、画像の回転や平行移動等の幾何学的な変換が行われる。

【0020】

このような画像処理を経て、メインカメラ2より基準画像データが得られ、サブカメラ3より比較画像データが得られる。これらの画像データは、各画素の輝度値(0~255)の集合である。ここで、画像データによって規定される画像平面は、 $i-j$ 座標系で表現され、画像の左下隅を原点として、水平方向を $i$ 座標軸、垂直方向を $j$ 座標軸とする。一フレーム(一画像の表示単位)相当のステレオ画像データは、後段のステレオ画像処理ユニット7に出力されるとともに、画像データメモリ11に格納される。

10

【0021】

ステレオ画像処理ユニット7は、ステレオマッチング部8と、視差算出部9と、領域制御部10とから構成され、基準画像データと比較画像データとに基づいて、一フレーム相当の撮像画像に関する距離データを算出する。ここで、「距離データ」とは、基準画像データによって規定される画像平面において、所定面積の画像領域(以下、「画素ブロック $P_{Bij}$ 」と称する)を算出単位として算出される視差群、すなわち、画素ブロック $P_{Bij}$ 毎に一つずつ算出される視差 $d$ の集合である。

20

【0022】

ある画素ブロック $P_{Bij}$ (相関元)を対象として視差 $d$ を算出する場合、画素ブロック $P_{Bij}$ の輝度特性と相関を有する画像領域(相関先)を比較画像において特定する。周知のとおり、ステレオ画像に写し出された対象物までの距離は、ステレオ画像における視差、すなわち、基準画像と比較画像との間における水平方向のずれ量として現れる。したがって、比較画像において相関先を探索する場合、相関元となる画素ブロック $P_{Bij}$ の $j$ 座標と同じ水平線(エピポーラライン)上を探索すればよい。そこで、ステレオマッチング部8は、相関元の $i$ 座標を基準として設定される所定の探索範囲内において、エピポーラライン上を一画素ずつシフトしながら、相関元と相関先の候補との間の相関性を順次評価する(ステレオマッチング)。そして、評価結果に基づいて、視差算出部9は、最も相関が高いと判断される相関先(相関先の候補の内のいずれか)の水平方向のずれ量を、その画素ブロック $P_{Bij}$ の視差 $d$ とする。

30

【0023】

このような視差 $d$ 算出の処理において、ステレオマッチング部8は、ある画素ブロック $P_{Bij}$ と比較画像中の領域(相関先の候補)との相関を、相関評価手法の一つであるシティブロック距離により評価する。画素ブロック $P_{Bij}$ の相関先は、基本的に、シティブロック距離の値が最小となる領域である。

【0024】

後述するように視差 $d$ は、二次元平面(すなわち画像平面)から三次元空間(すなわち実空間)への変換パラメータとして必須パラメータである関係上、その数が多ければ多いほど距離データの分解能、すなわち、三次元認識能力が高くなる。通常、基準画像上の相関元と、比較画像上の相関先とのマッチングを行う上で必要とされる画素ブロック $P_{Bij}$ の面積は、例えば、 $4 \times 4$ 画素程度である。画素ブロック $P_{Bij}$ の所定面積を $4 \times 4$ 画素とした場合、一フレーム相当の撮像画像から、画素ブロック $P_{Bij}$ の個数相当( $50 \times 128$ 個)の視差群が算出され得る。

40

【0025】

図2は、所定面積の画素ブロック $P_{Bij}$ より大きな面積を有する画素ブロック $P_{Bij}$ を示した説明図である。マッチングの确实性を図るためには、輝度情報を増やすといった観点

50

からブロック内の画素数を増やす、すなわち、画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積を大きくすることが好ましい。同図に示すように、上述した  $4 \times 4$  画素のブロックに対し、このブロックを中心とし、かつ、これを上下左右方向にそれぞれ4画素分拡幅することで、例えば、 $8 \times 8$  画素の画素ブロック  $P B_{ij}$  を設定することができる。したがって、シティブロック距離の算出ベースとして、 $4 \times 4$  画素の画素ブロック  $P B_{ij}$  よりも  $8 \times 8$  画素の画素ブロック  $P B_{ij}$  を用いた方が、ブロック内の画素数が増える（輝度情報が増える）こととなる。

【0026】

ところで、上述したように、画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積を大きくした場合、視差  $d$  の算出単位となる画素ブロック  $P B_{ij}$  の座標位置と、その画素ブロック  $P B_{ij}$  に関して算出された視差  $d$  に対応する実際の座標位置とが異なってしまう可能性がある。ステレオマッチングを用いた三次元空間認識は、視差  $d$  と、その視差  $d$  に対応付けられる座標上の位置（すなわち、画素ブロック  $P B_{ij}$  の座標位置）とに基づいて行われる。そのため、この算出された視差  $d$  の座標上の位置ずれに起因して、実空間上の認識が、垂直・水平位置の認識の甘さとして反映される可能性がある。特に、画像平面に対して正立しない対象物、例えば、道路やこの道路上に描かれる白線などについては、垂直・水平位置の認識の甘さとして反映され易い。

【0027】

そこで、本実施形態ではその特徴の一つとして、ステレオマッチング部8で相関先と相関先の候補との相関を評価する際に、領域制御部10によって、相関の評価対象となる画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積を切替えることにある。換言すれば、この領域制御部10は、相関元として特定される画素ブロック  $P B_{ij}$  が位置する基準画像上のエリアに応じて、相関関係の評価対象となる画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積を可変に制御することができる。そして、本実施形態において、この面積の切替えは、立体物などの対象物が正立して写し出されるエリアと、地面などの対象物が斜めに写し出されるエリアとで行われる。

【0028】

図3は、基準画像のエリアに応じて切替えられる画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積を説明する図である。本実施形態では、画像平面において水平方向に延在する境界線  $BL$  が規定されており、この境界線  $BL$  を境に、撮像画像の上下で画素ブロック  $P B_{ij}$  における面積の制御が行われる。具体的には、この境界線  $BL$  の上方では、画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積は、 $8 \times 8$  画素として取り扱われ、この境界線  $BL$  の下方では、画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積は、 $4 \times 4$  画素として取り扱われる。境界線  $BL$  の位置は、後段の境界線規定部15によって規定され、この境界線  $BL$  を境として、撮像平面が道路などの地面が写し出されるエリア（境界線  $BL$  より下方）と、この地面上に存在する立体物が写し出されるエリア（境界線  $BL$  より上方）とに分割される。すなわち、この規定された境界線  $BL$  によって分割されたエリアが切替対象として、画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積が切替えられることとなる。なお、この境界線規定部15によって行われる処理は後述するものとして、ここでの詳細な説明は省略する。

【0029】

図4は、基準画像と比較画像とに設定される画素ブロック  $P B_{ij}$  を示す説明図である。同図に示すように、基準画像側の  $8 \times 8$  画素相当の画素ブロック  $P B_{ij}$ （相関元）における各画素  $p_{ij}$  の輝度値を  $A_{11} \sim A_{88}$ 、比較画像側の画素ブロック  $P B_{ij}$ （相関先の候補）における各画素  $p_{ij}$  の輝度値を  $B_{11} \sim B_{88}$  とすると、シティブロック距離  $CB$  の基本形は下式で表現される。

【数1】

$$CB = \sum (|A_{33} - B_{33}| + \dots + |A_{66} - B_{66}|) + K \sum \{ (|A_{11} - B_{11}| + \dots + |A_{88} - B_{88}|) - (|A_{33} - B_{33}| + \dots + |A_{66} - B_{66}|) \}$$

【0030】

数式1において、前段の項は、中央領域（ $4 \times 4$  画素）における位置的に対応した輝度値  $A$

10

20

30

40

50

$i, j$ ,  $B_{ij}$ の差（絶対値）の総和である。また、同数式において、後段の項は、周辺領域（ $8 \times 8$ 画素中の中央領域相当の画素を除いた領域）における位置的に対応した輝度値  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$ の差（絶対値）の総和である。そして、この前段の項と、係数  $K$ を有する後段の項とを加算することにより、シティブロック距離  $C_B$ の値が算出される。この数式 1 で示された係数  $K$ の値は、領域制御部 10 からステレオマッチング部 8 に対して与えられる。この場合、領域制御部 10 は、画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ の撮像画像上のエリアに応じて、すなわち、基準画像の相関元の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ の位置と、境界線  $B_L$ の位置とに応じて、係数  $K$ の値を0または1.0で切替える。上述した例では、領域制御部 10 は、相関元の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ が境界線  $B_L$ よりも上側のエリアに存在する場合には、この係数  $K$ の値を1.0とするべき旨の指示を出力し、一方、画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ が下側のエリアに存在する場合には、この係数  $K$ の値を0とするべき旨の指示を出力する。

10

## 【0031】

このことから理解されるように、 $K$ が1.0として与えられている場合には、ステレオマッチング部 8 は、 $8 \times 8$ 画素相当の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ で相関性を評価する。また、 $K$ が0として与えられている場合には、ステレオマッチング部 8 は、 $4 \times 4$ 画素相当の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ で相関性を評価する。換言すれば、領域制御部 10 は、ステレオマッチング部 8 に対して、 $K$ の値を0または1.0として与えることで、画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ の面積を、所定の面積を有する第1の面積（本実施形態では、 $4 \times 4$ 画素）と、この面積より大きな第2の面積（本実施形態では、 $8 \times 8$ 画素）とを切替えることと等価の処理を行っている。

20

## 【0032】

ただし、画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ の面積を切替えることは、単に、シティブロック距離  $C_B$ を算出する上での演算対象領域を切替えるに過ぎないことに理解されたい。すなわち、本実施形態では、視差  $d$ の算出単位は、基本的に、所定面積として規定される $4 \times 4$ 画素の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ 相当の個数算出される。したがって、エリアに応じて $4 \times 4$ 画素の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ を用いる場合には、ある画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ に関する相関性の評価が終了したら、隣接する $4 \times 4$ 画素相当の画素ブロック  $P_{B_{i+1j}}$ が処理対象とされる。一方、エリアに応じて $8 \times 8$ 画素の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ を用いる場合には、ある画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ に関する相関性の評価が終了したら、この画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ と水平方向に2画素分オーバーラップした $8 \times 8$ 画素相当の画素ブロック  $P_{B_{i+1j}}$ が処理対象とされる（図2参照）。すなわち、この画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ と画素ブロック  $P_{B_{i+1j}}$ との中心間距離は、4画素だけ離間している。また、同様に、画素ブロック  $P_{B_{ij+1}}$ が処理対象の場合には、この画素ブロック  $P_{B_{ij+1}}$ は、画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ と垂直方向に2画素分オーバーラップした $8 \times 8$ 画素相当のブロックとなる。

30

## 【0033】

なお、 $8 \times 8$ 画素相当の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ を用いた場合、撮像画像の四辺の縁部では、画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ の周辺領域が有効画像領域からはみ出してしまふ事態が生じ得る。この場合は、 $4 \times 4$ 画素の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ のまま相関性を評価する。図3に示すように、境界線  $B_L$ の上方で、撮像画像の周辺にハッチングが施されていないエリアが残っているのはそのためである。ただし、このような場合には、有効画像領域外の画素を用いて $8 \times 8$ 画素相当の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ を定義してもよい。

40

## 【0034】

このように、ステレオマッチング部 8 は、 $4 \times 4$ 画素（または $8 \times 8$ 画素）相当の画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ を評価対象として、上述した探索範囲の全域に渡って水平方向に一画素ずつオフセットさせながら、相関先の候補となる画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ 毎にシティブロック距離  $C_B$ を算出する。そして、視差算出部 9 は、算出されたシティブロック距離  $C_B$ のうち、最も値が小さい相関先の候補の一つを相関先として特定し、この相関先に関する水平方向のずれ量を視差  $d$ として算出する。以上の手法により、ステレオ画像処理ユニット 7 は、エリアに応じて画素ブロック  $P_{B_{ij}}$ の面積を切替えながら、一フレーム相当の撮像画像に関して視差  $d$ を順次算出する。そして、これにより得られた距離データ  $D$ が、距離データメモリ 12 に格納される。

50

## 【 0 0 3 5 】

マイクロコンピュータ 1 3 は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等で構成されているが、これを機能的に捉えた場合、認識部 1 4 と、境界線規定部 1 5 とを有する。

## 【 0 0 3 6 】

認識部 1 4 は、画像データメモリ 1 1 および距離データメモリ 1 2 に格納された各情報に基づき、車両前方の道路状態等を認識したり（道路形状認識）、車両前方の立体物（走行車）等を認識する（立体物認識）。道路形状の認識プロセスを概略的に説明する。「道路形状の認識」とは、三次元的な道路形状を左右の車線（白線や追い越し禁止ライン等）に関する関数で表現し、この関数の各パラメータを、実際の道路形状（直線、カーブ曲率または起伏）に合致するような値に設定することである。例えば、認識部 1 4 は、画像データメモリ 1 1 より基準画像データを読み込み、その基準画像データにおいて、白線エッジ、すなわち、水平方向の輝度エッジ（隣接画素間の輝度の変化量が大きい箇所）のうち白線に起因して生じたものを特定する。

10

## 【 0 0 3 7 】

そして、特定された白線エッジ毎に、その座標（ $i, j$ ）およびその視差  $d$  を周知の座標変換式に代入することにより、実空間上の座標（ $x, y, z$ ）が算出される。自車両の位置を基準に設定された実空間の座標系は、ステレオカメラの中央真下の道路面を原点として、車幅方向を  $x$  軸、車高方向を  $y$  軸、車長方向（距離方向）を  $z$  軸とする。このようにして特定された各白線エッジの実空間上の座標（ $x, y, z$ ）に基づいて白線モデルが特定される。白線モデルは、進行方向に関し左右の白線エッジのそれぞれに関して所定区間ごとに近似直線を求め、これを折れ線状に連結して表現したものである。これらの白線モデルは、道路のカーブ曲率を表現したカーブ関数（ $X = f(Z)$ ）と、道路の勾配や起伏を表現した勾配関数（ $Y = f(Z)$ ）とで構成されている。したがって、実空間における道路の三次元的な変化状態は、左右の白線モデルによって把握することができる。

20

## 【 0 0 3 8 】

また、対象物の認識プロセスを概略的に説明する。認識部 1 4 は、検出された道路形状（白線モデル）に基づいて、道路表面より上のデータを立体物データの候補として特定する。そして、この立体物データの候補に関し、 $z$  方向、 $x$  方向に距離が近似しているものをグループとして取り扱う。これにより、認識部 1 4 は、自車両と同一車線上に位置するグループを先行車として特定し、また、同一車線外に位置するグループを対向車、障害物、或いは、側壁として特定する。そして、認識部 1 4 は、そして、これらの認識結果に基づいて、前方のカーブや立体物に対する警報が必要と判定された場合、モニタやスピーカー等の警報装置（図示せず）を作動させてドライバーに注意を促す。また、必要に応じて制御装置（図示せず）を制御することにより、AT（自動変速機）のシフトダウンやエンジン出力の抑制、或いはブレーキの作動といった車両制御が実行される。

30

## 【 0 0 3 9 】

境界線規定部 1 5 は、画像平面を複数のエリアに分割する境界線  $BL$  を規定する。本実施形態では、境界線規定部 1 5 は、水平方向に延在する境界線  $BL$  を画像平面上に規定することにより、道路面が写し出されるエリアと、この道路面上に存在する立体物が存在するエリアとの 2 つのエリアに撮像画像を分割する。画像平面上に設定される境界線  $BL$  の位置は、道路面と立体物との切り分けができるような位置を統計的な手法を用いて予め決定してもよい。しかしながら、両エリアを正確に分割するためには、車両のピッチングや道路形状のアップダウンを考慮して、境界線  $BL$  の位置を可変とすることが好ましい。そこで、本実施形態では、境界線規定部 1 5 によって、この境界線  $BL$  の位置を制御するものとする。ここで、前提として、境界線規定部 1 5 は、現在の道路面の位置を把握している。具体的には、境界線規定部 1 5 は、認識部 1 4 によって認識された道路形状に基づき、例えば、白線の平行性を利用して、撮像画像平面上で 2 本の白線の交点から消失点を算出する。そして、この消失点位置にオフセット量（例えば、下側に数画素程度）を加算した位置に地面と立体物との境界位置が決定され、この境界位置に境界線  $BL$  が設定される。

40

50



このとき、境界線規定部 15 は、画像平面上において、この境界線 B L を規定するパラメータを領域制御部 10 に対して出力する。

【0040】

以上の説明からわかるように、第 1 の実施形態に示すステレオ画像処理の手法では、画素ブロック P B ij の面積を可変に制御することで、撮像画像上のエリアに応じて、画素ブロック P B ij の面積を切替えることができる。これにより、立体物が写し出されるような撮像画像上のエリアでは、8×8画素相当の画素ブロック P B ij で相関が評価され、また、道路面が写し出されるようなエリアでは、4×4画素相当の画素ブロック P B ij で相関が評価される。これにより、視差の位置ずれが認識精度の低下を招くような道路面が写し出されたエリアでは、大面積に起因した視差の位置ずれの低減を目的として、小面積の画素ブロック P B ij を用いることができる。この結果、実空間上において、道路面の水平・垂直方向の認識精度の向上を図ることができる。また、このような影響が少ない立体物が写し出されるエリアでは、大きな面積の画素ブロックで相関が評価されるので、マッチングの確実性を図ることができる。このように、画素ブロック P B ij の面積を切替えることで、撮像画像のエリアに応じて最適なマッチング面積を選択することができる。さらに、距離データを構成する視差 d の個数は、4×4画素相当の個数算出されるため、あるエリアにおいて大きな面積で相関性を評価したとしても、距離データにおける分解能の低下させない。この結果、三次元空間の認識をより正確に行うことが可能となる。

10

【0041】

なお、本実施形態では、第 1 の面積として 4×4画素、この第 1 の面積より大きな第 2 の面積として 8×8画素を例に挙げて説明を行ったが、本発明の画素ブロック P B ij の面積がこれに限定されるものではない。すなわち、画素ブロック P B ij の面積の大きさは、必要に応じて適宜最適な面積を使用することができる。また、本実施形態では、ステレオ画像処理装置 1 を車外監視と関連付けた関係上、水平方向に延在する境界線 B L を規定したが、画素ブロック P B ij の面積を切替えるエリアに応じて、垂直方向、または、斜め方向に延在する境界線 B L を規定してもよい。また、本実施形態では、境界線 B L によって画像平面を 2 つのエリアに分割したが、3 つ以上のエリアに分割することも可能である。この場合には、エリア毎に画素ブロック P B ij の面積を順次大きくし、画素ブロック P B ij の面積を多段的に切替えてもよい。

20

【0042】

また、上述した実施形態では、数式 1 に示すシティブロック距離 C B の算出式における係数 K の値を切替えることで、等価的に画素ブロック P B ij の面積をエリアに応じて切替えている。しかしながら、以下の基本形で示される数式 2 のように、シティブロック距離 C B を、位置的に対応した二つの輝度値 A ij , B ij の差（絶対値）に重み係数 w ij を乗じた値の画素ブロック P B ij 全体における総和として定義することもできる。

30

【数 2】

$$CB = \sum (w_{11}|A_{11} - B_{11}| + \dots + w_{88}|A_{88} - B_{88}|)$$

40

【0043】

図 5 は所定面積の画素ブロック P B ij に設定される重み係数 w ij の一例を示した説明図である。上述した実施形態と同様、画素ブロック P B ij は、4×4画素と 8×8画素の面積に切替える例を挙げて説明する。同図に示すように、重み係数 w ij は、演算対象ブロック中の各要素（輝度値 A ij , B ij）に応じて、値が予め設定されており、本実施形態では、周辺領域においてその値が可変となっている。画素ブロック P B ij の面積を、4×4画素とするのであれば、ブロックにおける中央領域の 4×4画素の重み係数 w ij が 1.0 とされるとともに、この中央領域を除く周辺領域の画素における重み係数 w ij が 0 とされる。一方、画素ブロック P B ij の面積を、8×8画素とするのであれば、ブロックにおける中央領域の 4×4

50

画素の重み係数  $w_{ij}$  が 1.0 とされる（すなわち、そのまま維持される）とともに、この中央領域を除く周辺領域の画素における重み係数  $w_{ij}$  が 0 以外（本実施形態では、例示的に、中央領域と同じ 1.0）とされる。このような重み係数  $w_{ij}$  の変更は、上述した係数  $K$  の指示と同様に、領域制御部 10 からの指示にともない行われる。このように、周辺部の重み係数  $w_{ij}$  の値を 0 と 1.0 とで変更することで、領域制御部 10 は、等価的に画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積をエリアに応じて切替えることができる。換言すれば、領域制御部 10 は、相関関係の評価対象となる画素ブロック  $P B_{ij}$  において、中央領域の周囲に位置する周辺領域の重み係数  $w_{ij}$  を可変に制御している。この結果、上述した実施形態と同様の作用および効果を奏することができる。

#### 【0044】

なお、画素ブロック  $P B_{ij}$  の相関性の評価を大きな面積（すなわち、 $8 \times 8$  画素の面積）の画素ブロック  $P B_{ij}$  で行う場合、マッチングする  $8 \times 8$  領域の中心から離れるに従い、比較画像データの信頼性は低下する。そこで、予め設定される重み付け係数  $w_{ij}$  のうち、中央領域は重み付け係数  $w_{ij}$  をすべて 1.0 とするとともに、周囲の領域は重み付け係数  $w_{ij}$  を徐々に小さくしてもよい。

#### 【0045】

（第2の実施形態）

図6は、第2の実施形態にかかるステレオ画像処理装置 1a を示すブロック構成図である。なお、この第2の実施形態において、第1の実施形態で説明した構成要素と同じ要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。第2の実施形態が、第1の実施形態と相違する点は、一対の撮像画像に関する撮像状況に応じて、画像領域の面積を切替えることである。具体的には、領域制御部 10 は、少なくとも夜間、雨天、霧、逆光、または、雪面のいずれかの状況では、撮像画像のエリアに拘わらず、画素ブロック  $P B_{ij}$  の面積を所定の面積を有する第1の面積（本実施形態では  $4 \times 4$  画素）より大きな第2の面積（本実施形態では  $8 \times 8$  画素）に切替える。なぜならば、このような状態で撮像された撮像画像では輝度的な特徴が少ないので、画素ブロック  $P B_{ij}$  を大きな面積とすることでマッチングの確実性を図る方が有利だからである。

#### 【0046】

図7は、第2の実施形態にかかる面積切替え処理の手順を示したフローチャートである。なお、このフローチャートに示したルーチンは、所定の間隔で呼び出され、領域制御部 10 によって実行される。まずステップ1において、撮像状況が降雨状態であるか否かとして、降雨判定が行われる。降雨状態については、図示しない車両側のワイパースイッチが ON であるか否かにより判断される。また、認識部 14 によって立体物の認識にあたり行われるグループ化の際に、グループ化されない孤立データの数に基づき、降雨状態であるか否かを判断することができる。あるいは、基準画像において位置的に異なる相関元が、比較画像上の同一相関先と一致するような数、すなわち、ミスマッチ数に基づき、降雨状態であるか否かを判断することができる。なぜならば、降雨状態では、車両のフロントウィンドウに付着した水滴、或いは、雨粒により、孤立データやミスマッチ数が増えるからである。そこで、これらの数を判断基準とすることで、降雨状態を判断することができる。また、ワイパースイッチ ON を検出するとともに、これらの検出結果を考慮することで、より正確に降雨判定を行うことができる。

#### 【0047】

この降雨判定で肯定された場合、すなわち、撮像状況が降雨状態である場合には、後段のステップ7に進み、一方、否定された場合、すなわち、降雨状態でない場合には、ステップ2に進む。

#### 【0048】

ステップ2において、撮像状況が夜間であるか否かとして、夜間判定が行われる。夜間であるか否かの判断については、図示しない車両側のヘッドライトスイッチが ON であるか否かにより判断される。また、カメラ 2, 3 の露光制御を行うための露光量制御部（図示せず）によって算出される露光量に基づき、夜間状態であるか否かを判断することができ

10

20

30

40

50

る。露光量制御部は、撮像された画像データの輝度値に基づき、次フレームの撮像において最適な明るさとなるように露光量を調整するパラメータ（例えば、シャッタースピード、カメラレンズの絞り、増幅ゲイン）を制御している。そこで、この調整パラメータを判断基準とすることで、夜間であるか否かを判断することができる。また、ヘッドライトスイッチONを検出するとともに、この検出結果を考慮することで、より正確に夜間状態を判断することができる。

**【0049】**

この夜間判定で肯定された場合、すなわち、撮像状況が夜間である場合には、後段のステップ7に進み、一方、否定された場合、すなわち、夜間状態でない場合には、ステップ3に進む。

**【0050】**

また、ステップ3～ステップ5において、霧判定、逆光判定および雪面判定が行われる。この霧判定では、撮像状況が霧状態であるか否かが判断される。霧判定は、所定領域内の距離データ（視差 $d$ ）数と、撮像画像における輝度エッジ数とに基づき行われる。また、逆光判定では、撮像状況が逆光状態であるか否かが判断される。逆光判定は、上述したカメラ2, 3の露光量と、画像上部の平均輝度値と、画像下部の平均輝度値とに基づき行われる。さらに、雪面判定では、撮像状況、具体的には、地面が雪面であるか否かが判断される。雪面判定では、画像の設定領域内（例えば、道路面内）の平均輝度、更には、輝度エッジ数に基づき行われる。

**【0051】**

ステップ6において、ステップ1～ステップ5のすべてにおいて否定判定された場合には、大きな面積を用いてマッチングの確実性を図るほどの悪い撮像状況ではないとして、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積が $4 \times 4$ 画素に設定される。このとき、領域制御部10は、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積を切替える（或いは、既に画素ブロック $P B_{ij}$ の面積が $4 \times 4$ 画素である場合には、そのまま維持する）。そして、上述した探索範囲の全域に渡って水平/垂直方向に一画素ずつオフセットさせながら、相関先の候補となる $4 \times 4$ 画素相当の画素ブロック $P B_{ij}$ 毎に一つのシティブロック距離 $C B$ を算出する。そして、算出されたシティブロック距離 $C B$ の大小に基づき相関先を決定する。

**【0052】**

一方、ステップ1～ステップ5のいずれかのステップで肯定判定された場合には、大きな面積を用いてマッチングの確実性を図ることが好ましいような悪い撮像状況であるとして、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積が $8 \times 8$ 画素に設定される（ステップ7）。このとき、領域制御部10は、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積を切替える（或いは、既に画素ブロック $P B_{ij}$ の面積が $8 \times 8$ 画素である場合には、そのまま維持する）。そして、上述した探索範囲の全域に渡って水平/垂直方向に一画素ずつオフセットさせながら、相関先の候補となる $8 \times 8$ 画素相当の画素ブロック $P B_{ij}$ 毎に算出されるシティブロック距離 $C B$ に基づき、相関先を決定する。以上の手法により、ステレオ画像処理ユニット7は、一フレーム相当の撮像画像に関して視差 $d$ を順次算出する。

**【0053】**

以上の説明からわかるように、第2の実施形態に示すステレオ画像処理の手法では、撮像状況に応じて、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積を切替えている。これにより、撮像画像において輝度的な特徴が少なくなるような悪い撮像状況では、 $8 \times 8$ 画素相当の画素ブロック $P B_{ij}$ で相関が評価される。また、このような状況でないときには、 $4 \times 4$ 画素相当の画素ブロック $P B_{ij}$ で相関が評価される。これにより、悪い撮像状況でも、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積を大きくすることで、マッチングの確実性を図ることができる。また、大きな面積を必要とせずともマッチングの確実性が確保できるような状況では、画素ブロック $P B_{ij}$ の面積を小さくすることで、上述したような大きな面積に起因する画素の位置ずれを低減することができる。また、撮像状況に応じて画素ブロック $P B_{ij}$ の面積を切替えることを可能とすることで、最適なマッチング面積を選択することができる。その結果、このような手法にともない算出される距離データに基づき、正確な三次元認識を行うことができる。

10

20

30

40

50

## 【0054】

なお、上述した実施形態では、雨、夜間、霧、逆光および雪面を悪い撮像状況の一例として挙げたが、本発明はこれらのみ限定されるものではない。その他にも撮像状況を悪くするような状況として、例えば自然環境（砂嵐や黄砂など）、トンネル内（擬似的に夜間と同等）などの状況を判断基準に含めてもよい。また、車外監視装置では、フロントウィンドウの汚れ、カメラ2, 3のレンズ面に汚れなども判断基準に含めてもよい。

## 【0055】

なお、本実施形態では、車外監視を例にとって説明したが、このような手法を用いた適用例としては、ステレオ画像処理を用いた踏切監視、地形認識または高度測定といった様々な用途が挙げられる。

10

## 【0056】

## 【発明の効果】

このように本発明によれば、一方の撮像画像において特定された画像領域の相関先を、他方の撮像画像において特定する際に、相関関係の評価対象となる画像領域の面積を可変に制御することができる。これにより、条件に応じて適宜画像領域の面積を切替えることで、相関元と相関先のマッチングを正確に行うことができる。また、マッチングが正確に行われるので、これにともない算出される視差の精度向上を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態にかかるステレオ画像処理装置のブロック構成図

【図2】所定面積の画素ブロックより大きな面積を有する画素ブロックを示した説明図

20

【図3】基準画像のエリアに応じて切替えられる画素ブロックの面積を説明する図

【図4】基準画像と比較画像とに設定される画素ブロックを示す説明図

【図5】所定面積の画素ブロックに設定される重み付け係数の一例を示した説明図

【図6】第2の実施形態にかかるステレオ画像処理装置のブロック構成図

【図7】面積切替え処理の手順を示したフローチャート

## 【符号の説明】

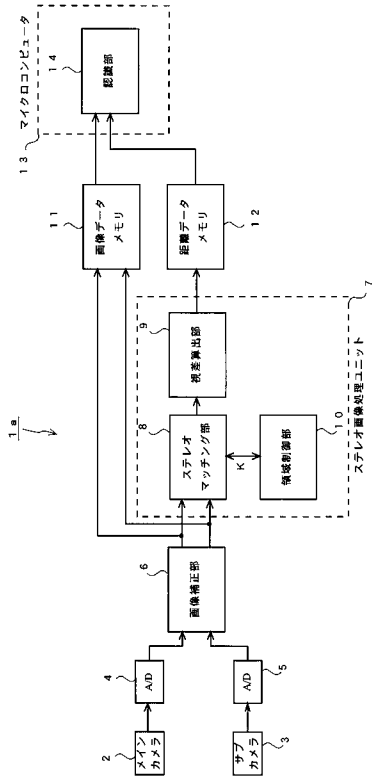
- |     |              |  |
|-----|--------------|--|
| 1   | ステレオ画像処理装置   |  |
| 1 a | ステレオ画像処理装置   |  |
| 2   | メインカメラ       |  |
| 3   | サブカメラ        |  |
| 4   | A/Dコンバータ     |  |
| 5   | A/Dコンバータ     |  |
| 6   | 画像補正部        |  |
| 7   | ステレオ画像処理ユニット |  |
| 8   | ステレオマッチング部   |  |
| 9   | 視差算出部        |  |
| 10  | 領域制御部        |  |
| 11  | 画像データメモリ     |  |
| 12  | 距離データメモリ     |  |
| 13  | マイクロコンピュータ   |  |
| 14  | 認識部          |  |
| 15  | 境界線規定部       |  |

30

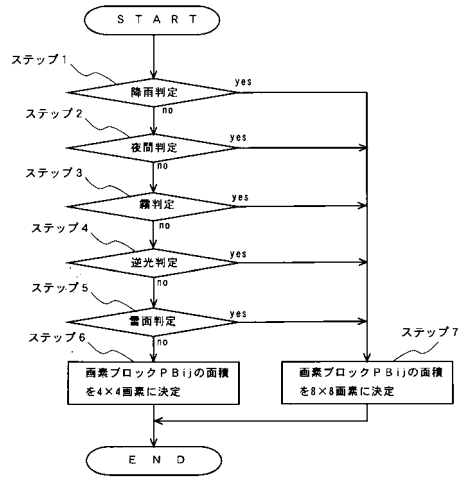
40



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G06T 1/00

G01B 11/00