

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4082471号
(P4082471)

(45) 発行日 平成20年4月30日(2008.4.30)

(24) 登録日 平成20年2月22日(2008.2.22)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 1/00 (2006.01)

G 0 6 T 1/00 2 8 0

G 0 8 G 1/16 (2006.01)

G 0 8 G 1/16 C

請求項の数 7 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平9-86881
 (22) 出願日 平成9年4月4日(1997.4.4)
 (65) 公開番号 特開平10-283462
 (43) 公開日 平成10年10月23日(1998.10.23)
 審査請求日 平成16年4月1日(2004.4.1)

(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
 (74) 代理人 100076233
 弁理士 伊藤 進
 (72) 発明者 堀 圭二
 東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会
 社スバル研究所内
 (72) 発明者 土屋 英明
 東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会
 社スバル研究所内
 審査官 仲間 晃

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車外監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車外の物体の距離を計測して得られる距離分布の疑似画像を複数の区分に分割し、各区分毎に立体物の有無と距離データとを検出して車外の状況を認識する車外監視装置において、

上記距離データが互いに接近し隣接する各区分を1つのグループにまとめ、このグループ毎の立体物の移動速度を算出する手段と、

上記グループに属する全ての区分の距離データを、該区分が属するグループの移動速度に応じて移動させ、設定時間後の上記立体物の位置を推定する手段と、

上記設定時間後の自車両の輪郭が描く走行軌跡を推定する手段と、

上記立体物の推定位置と上記自車両の走行軌跡とを比較し、自車両が立体物に接触するか否かを判定する手段と、

上記立体物の推定位置と上記自車両の走行軌跡とに基づいて、自車両と立体物との間の最小隙間を算出する手段とを備えたことを特徴とする車外監視装置。

【請求項2】

前回の処理で検出されたグループ内の各距離データと今回の処理で検出されたグループ内の各距離データとを比較してグループ間の対応関係を調べ、対応するグループ間の時間的な移動量から移動速度を算出することを特徴とする請求項1記載の車外監視装置。

【請求項3】

道路上に静止している立体物の距離データを処理サイクル毎に保持し、当該立体物が検

出範囲外に逸脱したとき、前回の距離データと自車両の走行軌跡とに基づいて当該立体物の位置を推定する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の車外監視装置。

【請求項 4】

上記疑似画像は、一組のカメラで撮像した一対の画像の相関を求め、同一物体に対する視差から三角測量の原理によって求めた三次元の距離分布を示すものであることを特徴とする請求項 1 記載の車外監視装置。

【請求項 5】

上記疑似画像は、一組のカメラで撮像した一対の画像を処理して得られる二次元の距離分布を示すものであることを特徴とする請求項 1 記載の車外監視装置。

【請求項 6】

上記疑似画像は、レーザ光の投射・受光あるいは電波の発信・受信によって求めた二次元の距離分布を示すものであることを特徴とする請求項 1 記載の車外監視装置。

【請求項 7】

車外の物体の距離を計測して、立体物の有無と立体物に対する距離データとを検出して車外の状況を認識する車外監視装置において、

上記距離データが互いに隣接及び接近するものを 1 つのグループにまとめ、このグループ毎の立体物の移動速度を算出する手段と、

上記グループに属する全ての区分の距離データを、該区分が属するグループの移動速度に応じて移動させ、設定時間後の上記立体物の位置を推定する手段と、

上記設定時間後の自車両の輪郭が描く走行軌跡を推定する手段と、

上記立体物の推定位置と上記自車両の走行軌跡とを比較し、自車両と立体物との間の隙間距離を算出する手段とを備えたことを特徴とする車外監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、車外の物体の距離分布を示す疑似画像に基づいて車外の状況を認識する車外監視装置に関し、特に、狭路通過時の自車両と障害物との間の隙間を検出して安全を確保する車外監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、自動車等の車両においては、塀、ガードレール、電柱、駐車車両等が多数存在する狭路を通過する際の運転者の操作感覚を補うものとして、例えば、実開平 5 - 68742 号公報に開示されているようなコーナールールや、棒状の部材が障害物に触れるとスイッチがオンする接触式スイッチからなる触覚センサ等を車体に取り付ける場合があり、これにより、車幅や左右障害物との間の隙間を確認することができる。

【0003】

また、最近では、車両の側面や四隅に超音波センサを取り付け、超音波を発射して障害物からの反射波を受信することにより距離を計測し、計測した距離を運転者に知らせて狭路を通過する際の負担を軽減しようとする技術が開発されている。

【0004】

しかしながら、前述のコーナールールのように車体外部に目印となるようなものを取り付ける場合には、運転者の慣れを必要とするため、運転者の負担軽減効果が少ない。また、触覚センサのような接触式のものでは、物体に接触するまで位置の確認ができず、障害物に接触してからではハンドル操作が間に合わないといった事態が生じる。

【0005】

また、超音波を用いる技術では、空間分解能が劣るため障害物の位置関係を知ることができないばかりでなく、歩行者の衣服や滑らかな壁等からは発射した超音波が戻ってこないという物体依存性があり、道路上に存在する様々な立体物に対処することは困難である。

【0006】

これに対処するに、本出願人は、特開平 7 - 192199 号において、車外の対象をステ

10

20

30

40

50

レオ撮像し、撮像したステレオ画像対の対応位置のずれ量から三角測量の原理によって画像全体に渡る距離分布を求め、この距離分布の情報に対応する被写体の各部分の3次元位置を計算し、これらの3次元位置の情報を用いて複数の立体物を検出して、検出した複数の立体物の自車両側の縁と自車両側部の延長線との間の最近接距離を隙間距離として左右それぞれに算出し、この左右の隙間距離に係わる情報を運転者に知らせる技術を提案している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

先に本出願人が提案した技術では、検出した車両やガードレール等の障害物を輪郭線や直線で近似し、それらとの隙間を算出している。従って、近似処理の過程で無視される虞のある車両やガードレール側面の突起等を考慮し、隙間距離にある程度の余裕度を持たせる必要があった。

10

【0008】

また、先の技術では、障害物を検出した時点での位置を前提として隙間距離の計算を行っており、例えば、自車両の直前に先行車がいる状態で狭い道路を通過しているような状況では、先行車と自車両との隙間を検出してしまうことになる。従って、前方に先行車が障害物として立ちふさがっているような状況では、左右の障害物との隙間距離を検出することは困難であった。

【0009】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、検出した障害物の位置の変化や細部形状に関する情報を取り入れ、自車両との接触可能性を正確且つ精密に判断することのできる車外監視装置を提供することを目的としている。

20

【0010】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、車外の物体の距離を計測して得られる距離分布の疑似画像を複数の区分に分割し、各区分毎に立体物の有無と距離データとを検出して車外の状況を認識する車外監視装置において、上記距離データが互いに接近し隣接する各区分を1つのグループにまとめ、このグループ毎の立体物の移動速度を算出する手段と、上記グループに属する全ての区分の距離データを、該区分が属するグループの移動速度に応じて移動させ、設定時間後の上記立体物の位置を推定する手段と、上記設定時間後の自車両の輪郭が描く走行軌跡を推定する手段と、上記立体物の推定位置と上記自車両の走行軌跡とを比較し、自車両が立体物に接触するか否かを判定する手段と、上記立体物の推定位置と上記自車両の走行軌跡とに基づいて、自車両と立体物との間の最小隙間を算出する手段とを備えたことを特徴とする。

30

【0011】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前回の処理で検出されたグループ内の各距離データと今回の処理で検出されたグループ内の各距離データとを比較してグループ間の対応関係を調べ、対応するグループ間の時間的な移動量から移動速度を算出することを特徴とする。

【0012】

請求項3記載の発明は、請求項1記載の発明において、道路上に静止している立体物の距離データを処理サイクル毎に保持し、当該立体物が検出範囲外に逸脱したとき、前回の距離データと自車両の走行軌跡とに基づいて当該立体物の位置を推定する手段を備えたことを特徴とする。

40

【0013】

請求項4記載の発明は、請求項1記載の発明において、上記疑似画像は、一組のカメラで撮像した一対の画像の相関を求め、同一物体に対する視差から三角測量の原理によって求めた三次元の距離分布を示すものであることを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項1記載の発明において、上記疑似画像は、一組のカメラで撮像した一対の画像を処理して得られる二次元の距離分布を示すものであることを特徴とする。

50

【 0 0 1 4 】

請求項 6 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、上記疑似画像は、レーザ光の投射・受光あるいは電波の発信・受信によって求めた二次元の距離分布を示すものであることを特徴とする。

請求項 7 記載の発明は、車外の物体の距離を計測して、立体物の有無と立体物に対する距離データとを検出して車外の状況を認識する車外監視装置において、上記距離データが互いに隣接及び接近するものを 1 つのグループにまとめ、このグループ毎の立体物の移動速度を算出する手段と、上記グループに属する全ての区分の距離データを、該区分が属するグループの移動速度に応じて移動させ、設定時間後の上記立体物の位置を推定する手段と、上記設定時間後の自車両の輪郭が描く走行軌跡を推定する手段と、上記立体物の推定位置と上記自車両の走行軌跡とを比較し、自車両と立体物との間の隙間距離を算出する手段とを備えたことを特徴とする。

10

【 0 0 1 5 】

すなわち、本発明の車外監視装置では、車外の物体までの距離を計測して得られる距離分布の疑似画像を複数の区分に分割し、各区分毎に立体物の有無と距離データとを検出した後、距離データが互いに接近し隣接する各区分を 1 つのグループにまとめ、このグループ毎の立体物の移動速度を算出すると、グループに属する全ての区分の距離データを、該区分が属するグループの移動速度に応じて移動させ、設定時間後の立体物の位置を推定するとともに、設定時間後の自車両の輪郭が描く走行軌跡を推定する。そして、立体物の推定位置と自車両の走行軌跡とを比較して自車両が立体物に接触するか否かを判定し、また、立体物の推定位置と自車両の走行軌跡とに基づいて自車両と立体物との間の最小隙間を算出する。

20

【 0 0 1 6 】

この場合、立体物の移動速度は、前回の処理で検出されたグループ内の各距離データと今回の処理で検出されたグループ内の各距離データとを比較してグループ間の対応関係を調べ、対応するグループ間の時間的な移動量から算出することが望ましい。また、道路上に静止している立体物に対しては、その距離データを処理サイクル毎に保持しておき、当該立体物が検出範囲外に逸脱したとき、前回の距離データと自車両の走行軌跡とに基づいて当該立体物の位置を推定することが望ましい。

【 0 0 1 7 】

30

また、以上の処理は、一組のカメラで撮像した一对の画像を処理し、互いの撮像画像の相関を求めて同一物体に対する視差から三角測量の原理によって求めた三次元の距離分布を示す疑似画像、一組のカメラで撮像した一对の画像を処理して得られる二次元の距離分布を示す疑似画像、さらには、レーザ光の投射・受光あるいは電波の発信・受信によって二次元の距離分布を求めた疑似画像に基づいて行うことができる。

更に、本発明による他の車外監視装置では、車外の物体までの距離を計測して立体物の有無と立体物に対する距離データとを検出した後、距離データが互いに隣接及び接近するものを 1 つのグループにまとめ、このグループ毎の立体物の移動速度を算出すると、グループに属する全ての区分の距離データを、該区分が属するグループの移動速度に応じて移動させ、設定時間後の立体物の位置を推定するとともに、設定時間後の自車両の輪郭が描く走行軌跡を推定する。そして、立体物の推定位置と自車両の走行軌跡とを比較し、自車両と立体物との間の隙間距離を算出する。

40

【 0 0 1 8 】

【 発明の実施の形態 】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図 1 ~ 図 2 1 は本発明の実施の第 1 形態に係わり、図 1 は車外監視装置の全体構成図、図 2 は車外監視装置の回路ブロック図、図 3 ~ 図 6 は立体物検出処理のフローチャート、図 7 は隙間距離算出処理のフローチャート、図 8 は車載のカメラで撮像した画像の例を示す説明図、図 9 は距離画像の例を示す説明図、図 10 は距離画像の区分を示す説明図、図 11 は検出対象の状況例を示す説明図、図 12 は区分毎の立体物の検出距離の例を示す説明図、図 13 は区分毎の立体物の検

50

出距離をグループ化した例を示す説明図、図 1 4 は検出した物体と側壁の結果を示す説明図、図 1 5 は自車両輪郭の近似を示す説明図、図 1 6 は自車両の通過軌跡を示す説明図、図 1 7 は左右判定領域の説明図、図 1 8 は設定時間後の立体物の位置の推定結果を示す説明図、図 1 9 は視野外距離データの追跡を示す説明図、図 2 0 は通過軌跡と距離データとの隙間計測の説明図、図 2 1 は自車両と立体物との接触判定の説明図である。

【 0 0 1 9 】

図 1 において、符号 1 は自動車等の車両であり、この車両 1 に、車外の設置範囲内の対象を撮像し、撮像画像から車外の物体を認識して監視する車外監視装置 2 が搭載されている。この車外監視装置 2 は、車外の対象物を異なる位置から撮像するためのステレオ光学系 1 0、このステレオ光学系 1 0 で撮像した画像を処理して三次元の距離分布情報を算出するイメージプロセッサ 2 0、及び、このイメージプロセッサ 2 0 からの距離情報を処理する画像処理用コンピュータ 3 0 等から構成されている。また、上記画像処理コンピュータ 3 0 には、車速センサ 4、舵角センサ 5 等の現在の車両の走行状態を検出するためのセンサが接続されている。

10

【 0 0 2 0 】

上記ステレオ光学系 1 0 は、例えば電荷結合素子 (C C D) 等の固体撮像素子を用いた左右 1 組の C C D カメラ 1 0 a , 1 0 b からなり、上記イメージプロセッサ 2 0 では、C C D カメラ 1 0 a , 1 0 b で撮像した 1 対の画像の相関を求め、同一物体に対する視差から三角測量の原理により距離を求める、いわゆるステレオ法により画像全体に渡る 3 次元の距離分布を算出する。

20

【 0 0 2 1 】

上記画像処理用コンピュータ 3 0 では、上記イメージプロセッサ 2 0 からの距離分布情報を読み込んで道路形状や複数の立体物 (車両や障害物等) の 3 次元位置を高速で検出し、これらの先行車や障害物の移動に伴う位置の変化と自車両の走行軌跡とに基づいて自車両との間の隙間を算出して接触判定を行うとともに、運転者の前方に設置されたディスプレイ 9 に数値や警告表示等の映像信号を送り、運転者に報知する。

【 0 0 2 2 】

上記イメージプロセッサ 2 0 及び上記画像処理用コンピュータ 3 0 は、詳細には、図 2 に示すハードウェア構成となっており、上記イメージプロセッサ 2 0 は、上記 C C D カメラ 1 0 a , 1 0 b で撮像した 1 組みのステレオ画像対に対して所定の小領域毎に同一の物体が写っている部分を探索し、対応する位置のずれ量を求めて物体までの距離を算出し、三次元の距離分布情報として出力する距離検出回路 2 0 a と、この距離検出回路 2 0 a から出力される距離分布情報を記憶する距離画像メモリ 2 0 b とから構成されている。

30

【 0 0 2 3 】

上記距離検出回路 2 0 a から出力される距離分布情報は、画像のような形態をした疑似画像 (距離画像) であり、左右 2 台の C C D カメラ 1 1 a , 1 1 b で撮影した画像、例えば図 8 に示すような画像 (図 8 は片方のカメラで撮像した画像を模式的に示す) を上記距離検出回路 2 0 a で処理すると、図 9 のような距離画像となる。

【 0 0 2 4 】

図 9 に示す距離画像の例では、画像サイズは横 6 0 0 画素 × 縦 2 0 0 画素であり、距離データを持っているのは黒点の部分で、これは図 8 の画像の各画素のうち、左右方向に隣合う画素間で明暗変化が大きい部分である。上記距離検出回路 2 0 a では、この距離画像を、1 ブロックを 4 × 4 画素の小領域として横 1 5 0 × 縦 5 0 のブロックからなる画像として扱い、各ブロック毎に距離 (画素ズレ数) の算出を行う。

40

【 0 0 2 5 】

一方、上記画像処理用コンピュータ 3 0 は、道路形状等の検出処理を主とするマイクロプロセッサ 3 0 a と、検出した道路形状に基づいて個々の立体物を検出する処理を主とするマイクロプロセッサ 3 0 b と、検出した立体物の位置情報に基づいて先行車や障害物を特定し、自車両との間の隙間を算出して接触危険性を判断する処理を主とするマイクロプロセッサ 3 0 c とがシステムバス 3 1 を介して並列に接続されたマルチマイクロプロセッサ

50

のシステム構成となっている。

【 0 0 2 6 】

そして、上記システムバス 3 1 には、上記距離画像メモリ 2 0 b に接続されるインターフェース回路 3 2 と、制御プログラムを格納する R O M 3 3 と、計算処理途中の各種パラメータを記憶する R A M 3 4 と、処理結果のパラメータを記憶する出力用メモリ 3 5 と、上記ディスプレイ (D I S P) 9 を制御するためのディスプレイコントローラ (D I S P . C O N T .) 3 6 と、上記車速センサ 4、上記舵角センサ 5 等からの信号を入力する I / O インターフェース回路 3 7 とが接続されている。

【 0 0 2 7 】

上記画像処理用コンピュータ 3 0 では、画素を単位とする距離画像上の座標系を、図 9 に示すように、左下隅を原点として横方向を i 座標軸、縦方向を j 座標軸として扱い、画素ズレ数を $d p$ とする距離画像上の点 ($i, j, d p$) を実空間の座標系に変換し、道路形状の認識や立体物の位置検出等の処理を行う。

【 0 0 2 8 】

すなわち、実空間の三次元の座標系を、自車 (車両 1) 固定の座標系とし、 X 軸を車両 1 の進行方向右側側方、 Y 軸を車両 1 の上方、 Z 軸を車両 1 の前方、原点を 2 台の C C D カメラ 1 0 a , 1 0 b の中央の真下の道路面とすると、 $X - Z$ 平面 ($Y = 0$) は、道路が平坦な場合、道路面と一致することになり、以下の (1) ~ (3) 式により、距離画像上の点 ($i, j, d p$) を、実空間上の点 (x, y, z) に座標変換することができる。

$$x = C D / 2 + z \cdot P W \cdot (i - I V) \quad \dots (1)$$

$$y = C H + Z \cdot P W \cdot (j - J V) \quad \dots (2)$$

$$z = K S / d p \quad \dots (3)$$

但し、 $C D$: C C D カメラ 1 0 a , 1 0 b の間隔

$P W$: 1 画素当たりの視野角

$C H$: C C D カメラ 1 0 a , 1 0 b の取付け高さ

$I V, J V$: 車両 1 の真正面の無限遠点の画像上の座標 (画素)

$K S$: 距離係数 ($K S = C D / P W$)

尚、実空間上の点 (x, y, z) から画像上の点 ($i, j, d p$) を算出する式は、上記 (1) ~ (3) 式を変形し、次のようになる。

【 0 0 2 9 】

$$i = (x - C D / 2) / (z \cdot P W) + I V \quad \dots (4)$$

$$j = (y - C H) / (z \cdot P W) + J V \quad \dots (5)$$

$$d p = K S / z \quad \dots (6)$$

【 0 0 3 0 】

次に、上記画像処理用コンピュータ 3 0 における個々の処理について説明する。まず、上記マイクロプロセッサ 3 0 a による道路検出処理では、距離画像メモリ 2 0 b に記憶された距離画像からの 3 次元的位置情報を利用して実際の道路上の白線だけを分離して抽出し、内蔵した道路モデルのパラメータを実際の道路形状と合致するよう修正・変更して道路形状を認識する。

【 0 0 3 1 】

上記道路モデルは、認識対象範囲までの道路の自車線を、設定した距離によって複数の区間に分け、各区分毎に左右の白線を 3 次元の直線式で近似して折れ線状に連結したものであり、実空間の座標系における水平方向の直線式のパラメータ a, b 、及び、垂直方向の直線式のパラメータ c, d を求め、以下の (7) 式に示す水平方向の直線式、及び、以下の (8) 式に示す垂直方向の直線式を得る。

$$x = a \cdot z + b \quad \dots (7)$$

$$y = c \cdot z + d \quad \dots (8)$$

【 0 0 3 2 】

また、上記マイクロプロセッサ 3 0 b による立体物検出処理では、距離画像を格子状に所定の区間で区分し、各区分毎に、上記マイクロプロセッサ 3 0 a によって検出された道路

10

20

30

40

50

形状に基づいて道路表面より上のデータを立体物データとして抽出し、立体物までの距離を算出する。そして、検出された立体物の位置が互いに接近する各区分を1つのグループにまとめ、これらのグループを分類して立体物の後部、側部、及び、ガードレール等の道路に沿った構造物を検出し、その位置や速度等を算出する。

【0033】

さらに、上記マイクロプロセッサ30cによる隙間距離算出処理では、検出された立体物に含まれる区分毎の位置を立体物の速度に応じて移動するとともに、車速センサ4及び舵角センサ5によって検知した自車両の走行状態から自車両の走行軌跡を推定し、移動後の立体物の位置と自車両の走行軌跡とを比較して最小となる隙間距離を算出する。

【0034】

尚、上記距離画像の生成、この距離画像から道路形状を検出する処理については、本出願人によって先に提出された特開平5-265547号公報や特開平6-266828号公報等に詳述されている。

【0035】

以下、上記マイクロプロセッサ30bによる立体物検出処理、及び、上記マイクロプロセッサによる隙間距離算出処理について、図3～図7のフローチャートに従って説明する。

【0036】

まず、上記マイクロプロセッサ30bによる立体物検出処理のプログラムについて説明する。このプログラムでは、最初に、ステップS101～ステップS114の距離データ検出処理で、距離画像を所定間隔で格子状に区分した各区分毎に、立体物の存在と、その距離の算出を行う。すなわち、ステップS101で道路形状パラメータを読み込むと、ステップS102で、図10に示すように、距離画像を所定間隔（例えば、8～20画素間隔）で格子状に区分し、ステップS103で、各区分毎に立体物のデータを抽出し、その検出距離を算出するため、最初の区分のデータを読み込む。

【0037】

次に、ステップS104へ進んで区分内の最初のデータをセットすると、ステップS105で被写体の三次元位置（ x ， y ， z ）を前述の(1)～(3)式によって求め、ステップS106で、前述の道路形状の直線式(7)，(8)を使って距離 z に於ける道路表面の高さ y_r を算出する。次に、ステップS107へ進み、以下の(9)式によって算出した被写体の道路表面からの高さ H に基づいて、道路面より上にあるデータを立体物データとして抽出する。

$$H = y - y_r \quad \dots (9)$$

【0038】

この場合、高さ H が0.1m程度以下の被写体は、道路上の白線や汚れ、影等と考えられるため、この被写体のデータは棄却する。また、自車両1の高さより上にある被写体も、歩道橋や標識などと考えられるので棄却し、道路上の立体物と推定されるデータのみを選別する。

【0039】

その後、ステップS108へ進んで最終データか否かを調べ、最終データでないときには、ステップS109で区分内の次のデータをセットして前述のステップS105へ戻り、同様の処理を繰り返して道路面より上にあるデータを抽出する。そして、1つの区分内で最終データの処理が完了すると、ステップS108からステップS110へ進み、抽出された立体物データに対し、予め設定された距離 Z の区間に含まれるデータの個数を数えて距離 z を横軸とするヒストグラムを作成する。

【0040】

続くステップS111では、ヒストグラムの度数が判定値以上で、かつ最大値となる区間を検出し、該当する区間があれば、ステップS112において、その区間に立体物が存在すると判断し、その立体物までの距離を検出する。

【0041】

上記ヒストグラムでは、入力される距離画像中の距離データには誤って検出された値も存在し、実際には物体の存在しない位置にも多少のデータが現れる。しかしながら、ある程

10

20

30

40

50

度の大きさの物体があると、その位置の度数は大きな値を示し、一方、物体が何も存在しない場合には誤った距離データのみによって発生する度数は小さな値となる。従って、作成されたヒストグラムの度数が、予め設定した判定値以上かつ最大値をとる区間があれば、その区間に物体が存在すると判断し、度数の最大値が判定値以下の場合は物体が存在しないと判断しても差し支えなく、画像のデータに多少のノイズが含まれている場合においても、ノイズの影響を最小限にして物体を検出できる。

【 0 0 4 2 】

その後、上記ステップS112からステップS113へ進んで最終区分に達したか否かを調べる。そして、最終区分に達していないときには、上記ステップS112からステップS114へ進んで次の区分のデータを読み込むと、前述のステップS104へ戻り、道路面より上にあるデータの抽出、ヒストグラムの作成、及び、各区分内での立体物の検出と距離の算出を行う。以上の処理を繰り返し、やがて、最終区分に達すると、上記ステップS113からステップS115以降へ進む。

10

【 0 0 4 3 】

図 1 2 は、図 1 1 に示す検出対象の画像を以上の距離データ検出処理によって検出し、区分毎の距離を X - Z 平面上に示した例であり、検出した距離に多少の誤差が含まれるため、黒点で示すように、立体物の自車両に面した部分に多少のバラツキを持ったデータとして検出される。

【 0 0 4 4 】

これらの距離データは、ステップS115～ステップS121の距離グループ検出処理により、距離が接近しているグループに分けられる。この処理では、各区分の立体物の検出距離を調べ、隣接する区分において立体物までの検出距離の差異が判定値以下の場合は同一の立体物と見なし、一方、判定値を超えている場合は別々の立体物と見なしてグループ分けを行う。

20

【 0 0 4 5 】

このため、ステップS115では、まず、最初の区分（例えば左端）を調べ、立体物が検出されている場合には、距離データを読み込んで、この区分 R 1 を、グループ S 1、距離 Z 1 に分類する。次に、ステップS116へ進んで右隣の区分 R 2 を調べ、立体物が検出されていない場合には、グループ S 1 は区分 R 1 の内部とその近辺に存在し、その距離は Z 1 と判定し、一方、区分 R 2 で立体物が検出されており、その検出距離が Z 2 である場合には、区分 R 1 の距離 Z 1 と右隣の区分 R 2 の距離 Z 2 の差を計算する。

30

【 0 0 4 6 】

その後、ステップS117へ進んで右隣の区分との距離の差が判定値以下か否かを調べ、距離の差が判定値以下で互いに接近しているときには、ステップS118で、区分 R 2 で検出された立体物は、先に検出されたグループ S 1 に属すると判定して同一グループにラベル付けを行い、その距離を Z 1 と Z 2 との平均値としてステップS120へ進む。

【 0 0 4 7 】

一方、右隣の区分との距離の差が判定値を超えているときには、上記ステップS117からステップS119へ進み、区分 R 2 で検出された立体物は、先に検出されたグループ S 1 とは異なると判定して新しいグループ（グループ S 2、距離 Z 2）にラベル付けを行い、ステップS120へ進む。

40

【 0 0 4 8 】

ステップS120では、最終区分に達したか否かを調べ、最終区分に達していないときには、ステップS121で次の区分の距離を読み込み、上記ステップS116へ戻り、さらに右隣の領域を調べてゆく。また、最終区分に達したときには、ステップS120からステップS122以降へ進む。

【 0 0 4 9 】

以上の距離グループ検出処理により、例えば、図 1 2 に示す区分毎の距離データに対し、互いの距離が接近している距離データがまとめられ、図 1 3 に示すようにグループ化される。このとき、各区分には、その区分が所属するグループの番号が割り付けられ、記憶さ

50

れる。図 13 の例では、進行方向左側の植え込みの距離データを有する区分が所属するグループに、グループ 1, 2, 3 の番号が付けられ、先行車両の後部の距離データを有する区分が所属するグループにグループ 4 の番号が付けられる。また、進行方向右側の自転車の距離データを有する区分が所属するグループにグループ 6 の番号が付けられ、同じく右側の壁の距離データを有する区分が所属するグループにグループ 7 の番号が付けられる。

【 0 0 5 0 】

この場合、異なる立体物であっても互いに距離が接近している区分は、同一のグループとして処理される虞がある。このため、次のステップS122～ステップS132におけるグループ分割処理では、距離データの X - Z 平面上での並び方向を調べ、並び方向が Z 軸に概ね平行な部分と X 軸に概ね平行な部分とでグループを分割する。

10

【 0 0 5 1 】

このグループ分割処理では、ステップS122で、最初のグループのデータを読み込み、ステップS123で、このグループ内の各区分の並び方向を算出すると、ステップS124で各区分に“物体”、“側壁”のラベルを付ける。具体的には、グループ内での左端の区分 K 1 の位置を Z 1, X 1 とし、N 個だけ右側の区分の位置を Z p, X p とすると、点 X 1, Z 1 と点 X p, Z p との 2 点を結ぶ直線の Z 軸に対する傾き A 1 を算出し、この直線の傾き A 1 を設定値（例えば、45°程度）と比較する。そして、直線の傾き A 1 が設定値以下でデータの並びが略 Z 軸方向の場合には、区分 K 1 は“側壁”とラベル付けし、上記直線の傾き A 1 が設定値を超え、データの並びが略 X 軸方向の場合には、“物体”とラベル付ける。

20

【 0 0 5 2 】

このラベル付けの際の区分の間隔 N は、N = 2 ~ 4 区分程度とする。これは、N = 1 すなわち右隣の区分では、検出距離のバラツキのために並び方向が大きくばらついてしまい、分割の判断が難しくなるためであり、少し離れた区分との並び方向を使うことにより、方向の安定化を図る。そして、この“側壁”あるいは“物体”のラベル付けを、グループ内の左端から順に、右端から N 個左側の区分まで行い、各区分にラベル付けをする。

【 0 0 5 3 】

以上により、各区分のラベル付けが完了すると、上記ステップS124からステップS125へ進んで左端の区分のラベルを読み込み、さらに、ステップS126で右隣の区分のラベルを読み込む。次いで、ステップS127へ進み、左端のラベルと右隣のラベルが異なるか否かを調べる。その結果、上記ステップS127において、ラベルが同じときにはステップS129へジャンプし、ラベルが異なるとき、ステップS128で“側壁”とラベル付けされた区分と“物体”とラベル付けされた区分とを分割して別のグループとし、ステップS129へ進む。分割する区分の位置は、ラベルが“側壁” “物体”で変化する位置の N / 2 区分だけ右側となる。

30

【 0 0 5 4 】

この場合、距離データのバラツキ等により部分的にラベルが変化する状況に対処するため、同じラベルが判定値以上（例えば、3 区分以上）連続して並んでいる場合にのみ分割を行ない、判定値未満の場合には、分割は行わない。例えば、図 13 の例では、グループ 6（自転車）等の場合のように、形状が複雑なため、“物体”とラベル付けされる区分と“側壁”とラベル付けされる区分とが混在するグループでは、同種のラベルが 3 区分以上に連続しないため、グループの分割は発生しない。

40

【 0 0 5 5 】

ステップS129では、最終区分か否かを調べ、最終区分でないとき、ステップS130で次の区分のラベルを読み込んで上記ステップS126へ戻り、同様の処理を繰り返す。そして、最終区分に達すると、上記ステップS129からステップS131へ進み、最終グループに達したか否かを調べる。その結果、最終グループに達していないときには、ステップS132で次のグループのデータを読み込み、次のグループに対して同様にグループを分割する処理を行う。この処理を繰り返し、やがて、最終グループに達すると、グループ分割処理を完了してステップS131からステップS133以降へ進む。

50

【 0 0 5 6 】

次のステップS133～ステップS138は、分割された各グループに対し、側壁か物体かの分類を行って各グループのパラメータを算出する処理であり、ステップS133で最初のグループのデータを読み込むと、ステップS135で、グループ内の各区分の位置（ X_i ， Z_i ）からハフ変換あるいは最小二乗法によって近似直線を求め、グループ全体の傾きを算出する。

【 0 0 5 7 】

次に、ステップS135へ進んで、グループ全体の傾きから、 X 軸方向の傾きを有するグループを物体、 Z 軸方向の傾きを有するグループを側壁に分類し、ステップS136で、各グループのパラメータを算出する。このパラメータは、物体と分類されたグループでは、グループ内の距離データから算出される平均距離や、左端、右端の X 座標等のパラメータであり、側壁と分類されたグループでは、並びの方向（ Z 軸との傾き）や前後端の位置（ Z ， X 座標）等のパラメータである。

【 0 0 5 8 】

尚、グループの分類は、前述のグループ分割処理で付けられた各区分の“側壁”あるいは“物体”のラベルによって行っても良い。

【 0 0 5 9 】

そして、上記ステップS136からステップS137へ進んで最終グループに達したか否かを調べ、最終グループでないときには、ステップS138で次のグループのデータを読み込んで上記ステップS134へ戻り、最終グループに達すると、ステップS139以降の処理へ進む。

【 0 0 6 0 】

ここで、立体物の1個の面、例えば連続したガードレール等では、区分毎の距離データのバラツキの影響を強く受けることがあり、先の距離グループ検出処理あるいはグループ分割処理で複数のグループに分割されてしまい、立体物の1つの面を誤って分割して検出する虞がある。

【 0 0 6 1 】

この対策として、以下のステップS139～ステップS147のグループ結合処理において、先のグループパラメータ算出処理で算出されたグループパラメータによって各グループの相互の位置関係を調べ、同種類のグループで端点の位置が接近し、且つ、並び方向がほぼ等しい場合には、同一物体の同一の面であると判断し、それらのグループを1個のグループに統合する。そして、統合したグループとしての各種パラメータをグループパラメータ算出処理と同様にして再計算する。

【 0 0 6 2 】

このため、ステップS139で、最初のグループのパラメータを読み込み、ステップS140で、次のグループのパラメータを読み込むと、ステップS141で、各グループの端点の距離の差、及び、各グループの傾きの差を算出する。そして、ステップS142で、各グループの端点の距離の差、及び、各グループの傾きの差が、それぞれの判定値以内か否かを調べ、共に判定値以内のとき、ステップS143へ進んで同一物体のグループとしてグループを結合し、再度、改めてグループのパラメータを算出してステップS146へ進む。

【 0 0 6 3 】

一方、上記ステップS142で、各グループの端点の距離の差、あるいは、各グループの傾きの差が判定値以内でないときには、上記ステップS142からステップS144へ進んで最終グループか否かを調べ、最終グループでないときには、ステップS145で次のグループのパラメータを読み込んでステップS141へ戻り、最終グループのとき、ステップS146へ進む。

【 0 0 6 4 】

ステップS146では、最終グループか否かを調べ、最終グループでないとき、ステップS147で次のグループのパラメータを読み込んで上記ステップS140へ戻り、最終グループのとき、ステップS148以降へ進む。

【 0 0 6 5 】

以上のグループ結合処理の後、同一立体物の後部と側面で別のグループに分離されているものに対し、下のステップS148～ステップS157の処理により、同一の立体物であることを

10

20

30

40

50

検出し、1個の立体物を、“物体”と“側壁”との組み合わせ（後部は“物体”、側面は“側壁”とする）として認識する。

【0066】

この処理では、まず、ステップS148で、物体と分類された最初のグループのパラメータを読み込み、ステップS149で、側壁と分類された最初のグループのパラメータを読み込む。次いで、ステップS150へ進み、物体と分類されたグループの端点の位置と、側壁と分類されたグループの端点の位置との差を算出する。この場合、各端点の位置は、“物体”が自動車の正面（Z軸に相当）より右側にある場合には、“物体”の左端の位置と“側壁”の手前側の端点の位置との差を算出し、“物体”が自車両の正面より左側にある場合には、“物体”の右端の位置と“側壁”の手前側の端点の位置との差を算出する。

10

【0067】

そして、ステップS151で、各グループの端点の位置の差が判定値（例えば、1 m程度）以内で、互いに接近しているか否かを調べ、判定値を超えているときには、ステップS152へ分岐して最終側壁か否かを調べ、最終側壁でないときには、ステップS153で側壁と分類された次のグループのパラメータを読み込んで上記ステップS150へ戻り、最終側壁のとき、ステップS156へ進む。

【0068】

一方、上記ステップS151で、各グループの端点の位置の差が判定値以内のときには、上記ステップS151からステップS154へ進んで同一立体物であると判定する。すなわち、1個の立体物の後部と側面とが同時に見える場合、その2つの面が作るコーナーは手前に凸となっているため、“物体”の左端の位置と“側壁”の手前側の端点の位置、あるいは、“物体”の右端の位置と“側壁”の手前側の端点の位置とは、本来、一致している。従って、2つのグループの位置の差が上記判定値以内にあるとき、この2つのグループは1個の立体物を分けて検出した対であると判断することができる。

20

【0069】

その後、上記ステップS154からステップS155へ進み、同一の立体物と判断された“物体”と“側壁”との対に対し、それぞれの近似直線を延長して交差する点を立体物のコーナー点の位置として算出すると、各端点の位置を、このコーナー点の位置に変更する。そして、ステップS156で、“物体”の最終グループか否かを調べ、“物体”の最終グループでないときには、ステップS157で、“物体”と分類された次のグループのパラメータを読み込み、上記ステップS149へ戻って同様の処理を繰り返す。一方、ステップS156で“物体”の最終のグループのときには、次のステップS158以降の処理へ進む。

30

【0070】

図14は、図11に示す検出対象例に対し、“物体”及び“側壁”の検出結果を、X-Z平面で示したものであり、この例では、上述のグループの結合や“物体”と“側壁”の組み合わせと判定されるグループはなく、“物体”は太線の実線で示され、“側壁”は太線の破線で示される。

【0071】

次に、ステップS158以降は、所定の時間間隔（例えば、0.1 sec）の処理サイクル毎に検出される“物体”や“側壁”の位置の変化から、これらの移動速度を算出する速度算出処理であり、まず、ステップS158で、最初のグループのパラメータを読み込み、ステップS159で同一立体物の対となっているか否かを調べる。

40

【0072】

そして、同一立体物の対となっていないときには、上記ステップS159からステップS160へ進み、“物体”では左右端の中央、“側壁”では前後端の中央を中心点の位置として、この中心点の位置の時間変化量を算出すると、ステップS161で、前後方向の速度すなわちZ方向の速度 V_z を、中心点のZ座標の時間変化量から算出するとともに、左右方向の速度すなわちX方向の速度を、中心点のX座標の時間変化量から算出し、ステップS164へジャンプする。

【0073】

50

ステップS164では、最終グループか否かを調べ、最終グループでないときには、ステップS165で次のグループのパラメータを読み込み、ステップS159へ戻って同一立体物の対か否かを調べる。その結果、同一立体物の対でないときには、前述のステップS160,S161を経て中心点の位置に時間変化から前後・左右方向の速度を算出し、最終グループか否かを調べるステップS164へ戻る。

【 0 0 7 4 】

一方、上記ステップS159で同一立体物の対であるときには、上記ステップS159からステップS162へ進んで、対応する“物体”又は“側壁”のパラメータを読み込み、ステップS163で、“物体”から前後方向の速度（Z軸方向の速度 V_z ）を算出するとともに、“側壁”から左右方向の速度（X軸方向の速度 V_x ）を算出し、これらの速度 V_z 、 V_x を、同一立体物におけるZ軸方向、X軸方向の速度とする。そして、ステップS164で、最終グループか否かを調べ、最終グループでないときには、以上の処理を繰り返し、最終グループのとき、ステップS164からステップS166へ進んで、各グループのパラメータをメモリに書き込み、立体物検出処理の全体のプログラムを終了する。

10

【 0 0 7 5 】

すなわち、“物体”では、Z軸方向の位置は複数の区分の距離の平均値的な値となり、速度 V_z は安定しているが、X方向の位置は左右端のX座標のバラツキの影響を受け、速度 V_x はバラツキが大きい傾向にある。一方、“側壁”では、X方向の位置は複数の区分のX座標の平均値的な値となり、速度 V_x は安定しているが、Z方向の位置は前後端のZ座標のバラツキの影響を受け、速度 V_z はバラツキが大きくなる傾向にある。従って、両方の安定した速度のみを用いて同一立体物の速度とするのである。

20

【 0 0 7 6 】

この場合、前回の処理で検出された距離データと、今回の処理で検出された距離データとは、同一の立体物の同一部分を検出している距離データの対応関係を求めることは困難であり、個々の距離データから対象物の速度を求めることは困難である。しかしながら、本発明においては、個々の距離データを立体物毎にグループ化し、グループ毎に直線状に近似して、その中心点を求めているため、前回処理時に検出されたグループと今回の処理で検出されたグループとの対応関係を求めることは容易であり、中心点の移動量から対象物の速度を算出することができる。

【 0 0 7 7 】

以上の処理によって検出された物体や側壁のデータは、マイクロプロセッサ30cによる隙間距離算出処理のプログラムに渡され、予測時間 t 後の立体物の位置と自車両の走行領域とに基づいて接触危険性が判断されるとともに、自車両と立体物との隙間距離が算出される。

30

【 0 0 7 8 】

この隙間距離算出処理のプログラムでは、ステップS201で、自車両の通過軌跡を推定する。この自車両の通過軌跡は、自車両の輪郭を n 個の頂点からなる多角形で直線近似した内蔵モデルを利用して推定するようにしており、図15(a)に示すような自車両の輪郭を、図15(b)に示すように、後車軸中心を原点とした頂点 n の座標 $P_n = [P_{xn}, P_{zn}]^T$ で近似し、予測時間 t （例えば、1、2秒）後の頂点 n の座標 $P_{n'} = [P'_{xn}, P'_{zn}]^T$ を求めることで、自車両の通過軌跡を推定する。

40

【 0 0 7 9 】

このため、まず、車速センサ4から得た車速と舵角センサ5から得た操舵角とから、予測時間 t における後車軸中心を基準とした空走距離 L 及び旋回半径 R を求める。この空走距離 L は、自車両の速度に比例する距離と最低限走行する距離（例えば、 ~ 1 m程度）からなり、また、旋回半径 R の中心は後車軸延長線上に重なるものとする。そして、旋回中心の座標を $O = [O_x, O_z]^T$ とし、旋回角度を θ とすると、この旋回角度 θ は、以下の(10)式によって与えられ、予測時間 t 後の頂点 n の座標は、以下の(11)式で与えられる。

$$= L / R \quad \dots (10)$$

$$\begin{bmatrix} P'_{xn} \\ P'_{zn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{xn} & -O_x \\ P_{zn} & -O_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} O_x \\ O_z \end{bmatrix} \quad \dots(11)$$

【 0 0 8 0 】

また、各頂点の旋回半径 r_n は、以下の(12)式で求めることができるため、これを用い、旋回半径が最大の（最も外側を通る）頂点番号 n_o と最小の（最も内側を通る）頂点番号 n_i を求める。そして、頂点番号 n_o の現在の座標 P_{n_o} と予測時間 t 後の座標 P'_{n_o} とを、(12)式を適用して求めた最大旋回半径 r_{n_o} の円弧で繋ぐとともに、頂点番号 n_i の現在の座標 P_{n_i} と予測時間 t 後の座標 P'_{n_i} とを、(12)式を適用して求めた最小旋回半径 r_{n_i} の円弧で繋ぎ、残った頂点を、それぞれ隣り合う頂点と直線で繋ぐことにより、図 1 6 に示すように、自車両の通過軌跡を得ることができる。

$$r_n = ((P_{xn} - O_x)^2 + (P_{zn} - O_z)^2)^{1/2} \quad \dots(12)$$

【 0 0 8 1 】

この場合、舵角 θ すなわち旋回半径無限大のときには、計算実行が不可能になるため、予測時間 t 後の頂点 n の座標は、以下の(13)式で求め、左右それぞれに最も張り出した頂点を直線で繋いで推定通過軌跡とする。

$$\begin{bmatrix} P'_{xn} \\ P'_{zn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{xn} + L \\ P_{zn} + L \end{bmatrix} \quad \dots(13)$$

【 0 0 8 2 】

そして、自車両の通過軌跡を推定した後、上記ステップS201からステップS202へ進み、後述する接触判定及び隙間計測のため、自車両の輪郭モデル（図 1 5 参照）の先端中央 $C_f = [C_{xf}, C_{zf}]^T$ と後端中央 $C_r = [C_{xr}, C_{zr}]^T$ とを、各頂点と同様に予測時間 t 後の位置 C'_f, C'_r を算出し、図 1 7 に示すように、通過軌跡による走行領域を右側の判定領域と左側の判定領域とに分割する。

【 0 0 8 3 】

続くステップS203では、先の立体物検出処理で得られた各グループの速度 V_x, V_z から、予測時間 t における立体物の X 方向移動量 d_x 、Z 方向移動量 d_z を以下の(14),(15)式によって求め、各距離データを X 方向移動量 d_x 、Z 方向移動量 d_z だけ移動させ、予測時間 t 後の立体物の位置を推定する。

$$d_x = V_x \cdot t \quad \dots(14)$$

$$d_z = V_z \cdot t \quad \dots(15)$$

【 0 0 8 4 】

図 1 3 に示す立体物の位置の検出結果をグループ化した例では、植え込みを検出したグループ 1, 2, 3、及び、右の壁を検出したグループ 7 では X 方向、Z 方向ともに速度は略 0 と検出されるため、予測時間 t 後の位置は検出位置から変化しない。また、先行車両を検出したグループ 4 では、例えば、速度 $V_x = 0$ 、 $V_z = 4.0 \text{ m/sec}$ と検出されたものとし、 $t = 1.5 \text{ sec}$ と仮定すると、グループ 4 の移動量は $d_x = 0.0 \text{ m}$ 、 $d_z = 6.0 \text{ m}$ となる。また、自転車を検出したグループ 6 は、例えば、 $V_x = -0.1 \text{ m/sec}$ 、 $V_z = -1.0 \text{ m/sec}$ と検出されたとすると、移動量は、 $d_x = -0.15 \text{ m}$ 、 $d_z = -1.5 \text{ m}$ となる。図 1 8 は、各距離データを、X 方向移動量 d_x 、Z 方向移動量 d_z だけ移動させた予測時間 t 後の推定位置を示している。

【 0 0 8 5 】

その後、ステップS204へ進み、ステレオカメラの視野外となった立体物について、距離デ

10

20

30

40

50

ータの追跡を行う。X方向及びZ方向とも速度略0と検出された距離データのグループは道路上に静止している立体物とし、その距離データが各処理サイクル毎に保持されている。

【0086】

k番目の処理サイクルとk-1番目の処理サイクル間の走行軌跡は、車速センサ4及び舵角センサ5により、走行軌跡 L' 、旋回半径 R' として得ることができる。このとき、走行距離 L' は、k番目の処理サイクルでの位置を基準にするため、 $L' < 0$ となり、旋回中心の座標を $O' = [O'_x, O'_z]^T$ とし、旋回角度を α とすると、この旋回角度 α は、以下の(16)式によって与えられる。

$$\alpha = L' / R' \quad \dots (16)$$

10

【0087】

従って、k-1番目の処理サイクルでの距離データを $D = [D_x, D_z]^T$ とすると、k番目の処理サイクルでの距離データ D' は、以下の(17)式によって求めることができ、これを処理サイクル毎に更新してゆくことにより、図19に示すように、ステレオカメラの視野外に逸脱してしまった距離データを追跡することができる。

$$\begin{bmatrix} D'_x \\ D'_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_x & -O'_x \\ D_z & -O'_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} O'_x \\ O'_z \end{bmatrix} \quad \dots (17)$$

20

【0088】

その後、上記視野外に逸脱してしまった立体物の追跡データを含め、自車両通過軌跡と立体物の接触判定を行うため、ステップS205で、予測時間 t 後の位置を推定した距離データの中から最初のデータを読み込むと、ステップS206で、その推定距離データが右側判定領域内にあるか否かを調べる。

【0089】

そして、推定距離データが右側判定領域内にない場合には、上記ステップS206からステップS208へ進み、右側判定領域内にある場合、自車両と接触する可能性があるとして判断して上記ステップS206からステップS207へ進んで右側の接触を示す右側接触フラグをONし、ステップS208へ進む。

30

【0090】

ステップS208では、推定距離データが左側判定領域内にあるか否かを調べ、左側判定領域内にない場合、ステップS210へ進み、推定距離データが左側判定領域内にある場合、ステップS211で左側の接触を示す左側接触フラグをONし、ステップS210へ進む。

【0091】

ステップS210では、右側あるいは左側の接触フラグがONされたか否かを調べ、いずれかの側の接触フラグがONされたときには、ステップS211で警報を発生し、ディスプレイ9への警告表示、あるいは、ランプ、ブザー等による警告を行い、運転者に知らせる。

【0092】

40

一方、上記ステップS210で、左右の接触フラグがONされていないときには、上記ステップS210からステップS212へ進み、接触判定領域外の推定距離データを、通過軌跡前面より前方にあるデータを除いて車体中心線左右にグループに振り分ける。次に、ステップS213で、接触判定領域外の推定距離データと自車両の通過軌跡との間の隙間距離を算出する。この隙間距離は、図20に示すように、左グループの場合は自車両左側面の通過軌跡に対して、右グループの場合は自車両右側面の通過軌跡に対して法線を引き、この長さを“隙間距離”とし、その値を記憶する。

【0093】

その後、ステップS214へ進んで最終の推定距離データか否かを調べ、最終の推定距離データに達していないときには、ステップS215で次の推定距離データを読み込んで上記ステッ

50

ブS206へ戻り、以上の処理を繰り返す。そして全ての推定距離データについて接触判定を完了すると、上記ステップS214からステップS216へ進み、左右各グループ毎に隙間距離の最小値を算出して保持し、ステップS217で、数値表示あるいは算出した隙間距離の最小値に応じて注意を喚起するための表示信号をディスプレイ9に出力し、運転者に報知する。

【0094】

図21は、図18に示す予測時間 t 後の各距離データの推定位置に対し、自車両の走行領域を記入したものであり、この例では、先行車両の現在の検出位置は自車両の走行領域に入っているが、立体物の速度と自車両の走行軌跡とを考慮し、設定時間後の推定位置に対して接触判定を行うため、先行車両とは接触しないと正しく判定することができる。

【0095】

また、図21における自転車のように複雑な対象物に対しても、グループ内の個々の距離データをグループの速度に応じて移動させるため、検出される対象物の凹凸がそのまま保持され、接触判定を精密に行うことができる。図21の例では、自転車に接触する危険があると正しく判定され、思わぬ事故を未然に回避することができる。図21においては、植え込みのように、静止している立体物に対しても同様である。

【0096】

しかも、この場合、自車両の輪郭が描く走行軌跡を、自車両の速度及び舵角に応じて推定するため、対象物の凹凸を考慮することに合わせ、自車両の凹凸も考慮され、接触判定、隙間計測の精度を向上することができるばかりでなく、運転者の注視する領域と接触判定領域とを近づけることができ、違和感の少ない警報を発することができる。

【0097】

さらに、検出範囲外に逸脱してしまった対象物に対しても距離データの追跡を行うため、自車両のすぐ横の立体物に対しても、接触判定、隙間計測を行うことができ、特に、内輪差の影響による接触事故防止に大きな効果を発揮することができる。

【0098】

図22及び図23は本発明の実施の第2形態に係わり、図22は立体物検出処理の部分フローチャート、図23はグループの対応関係を示す説明図である。

【0099】

前述の第1形態では、立体物の移動速度を検出するため、検出したグループを“物体”又は“側壁”として直線状に近似し、その中心点を求める処理を行っている。これに対し、本形態では、前回処理で検出したグループ内の個々の距離データと今回処理で検出したグループ内の個々の距離データとを比較し、グループとしての移動量を求め、速度を算出するものである。

【0100】

このため、本形態では、画像処理用コンピュータ30のマイクロプロセッサ30bによる立体物検出処理の一部を変更する。本形態の立体物検出処理は、第1形態の図3～図6のプログラムにおいて、ステップS101～S114の距離データ検出処理、ステップS115～S121の距離グループ検出処理、ステップS122～S132のグループ分割処理までは同じであり、このグループ分割処理以降を変更する。

【0101】

すなわち、本形態では、ステップS122～S132のグループ分割処理を完了すると、ステップS132から図22のステップS170へ進み、ステップS170～S174で、前回処理で検出された複数のグループの中から今回の処理で検出されたグループと、同一の立体物を検出しているグループを検索してグループの対応関係を求める処理を行った後、ステップS175以降で、今回処理で検出されたグループと対応関係にある前回検出のグループとの間の移動量からグループの速度を求める。

【0102】

このため、まず、ステップS170で今回検出の最初のグループのデータを読み込むと、ステップS171で、グループ内の距離データの重心点(X_c , Z_c)を求める。この重心点(X_c , Z_c)は、グループ内の i 番目の距離データの位置を x_i , z_i とし、 n をグループに

10

20

30

40

50

所属する距離データの個数とすると、以下の(18),(19)式によって求めることができる。
但し、 \sum は $i = 1 \sim n$ の総和を求めるものとする。

$$X_c = (\sum x_i) / n \quad \dots (18)$$

$$Z_c = (\sum z_i) / n \quad \dots (19)$$

【 0 1 0 3 】

次に、ステップS172へ進み、前回処理で検出されたグループの重心点を読み出し、この前回検出のグループの重心点と今回検出のグループの重心点との間の距離（重心点の移動量）を算出すると、ステップS173で、各グループの重心点間の距離が判定値以下か否かを調べる。そして、前回処理で検出されたグループの重心点と今回検出のグループの重心点との間の距離が判定値を超えているときには、これらのグループは同一立体物を検出したものではないと判断してステップS174へ進み、前回検出の次のグループの重心点を読み出して上記ステップS172へ戻る。

10

【 0 1 0 4 】

一方、上記ステップS173で、各グループの重心点間の距離が判定値以下のときには、これらのグループは同一立体物を検出した対応関係にあると判断して上記ステップS173からステップS175へ進み、前回検出のグループ内の各距離データを移動させてグループ間のズレ量が最小となる修正量を算出する。

【 0 1 0 5 】

例えば、図 2 3 に示すように、前回検出のグループ F と今回検出のグループ G が対応関係にあるとすると、まず、前回検出のグループ F の各距離データを、今回検出のグループ G の重心点 PG と前回検出のグループ F の重心点 PF とが一致するように移動する。

20

【 0 1 0 6 】

次に、この移動後のグループ F 1 の各距離データ $iF1$ について、今回検出のグループ G 内で最も距離が近い距離データ iG を求め、各距離データ $iF1$, iG 間の距離 d_{iF1} を求める。これを移動後のグループ F 1 内の全ての距離データについて行い、距離 d_{iF1} の二乗和 $SDK1$ （ズレ量）を、以下の(20)式によって求める。

$$SDK1 = \sum d_{iF1}^2 \quad \dots (20)$$

【 0 1 0 7 】

さらに、グループ F 1 の全体の位置を、Z 方向及び X 方向に微小量 z , x だけ移動し、この移動後のグループ F 2 と今回検出のグループ G との間のズレ量 $SDK2$ を、上記と同様に算出する。そして、この処理を、 z , x を変化させて繰り返し、各ズレ量 $SDK1$, $SDK2$, $SDK3$, ... の中で最小値が得られる微小量 z , x の値を、グループ間のズレ量が最小となる修正量とする。

30

【 0 1 0 8 】

以上により、グループ間のズレ量が最小となる修正量を求めると、次に、ステップS176へ進み、対応関係にあるグループ間の重心点の移動量に上記修正量を加えた値をグループ間の移動量とし、ステップS177で、この移動量を処理サイクル毎の時間間隔で割り算してグループの速度 V_z , V_x を算出する。次いで、ステップS178で最終グループか否かを調べ、最終グループでないときには、ステップS179で次のグループのデータを読み込んでステップS171へ戻り、以上の処理を繰り返す。尚、簡易的には、上記ステップS172で算出した重心点の移動量を処理サイクル毎の時間間隔で割り算し、グループの速度としても良い。

40

【 0 1 0 9 】

そして、上記ステップS178で最終グループとなって最終グループの処理が完了したとき、上記ステップS178からステップS180へ進んで各グループの位置や速度等のパラメータをメモリに書き込み、立体物検出処理の全体のプログラムを終了する。この立体物検出処理のデータを用いる以降の隙間距離算出処理は、前述の第 1 形態と同じである。

【 0 1 1 0 】

本形態では、前述の第 1 形態に対し、立体物の移動速度を高い精度で検出することができ、接触判定や隙間距離の精度をより一層向上することができる。

【 0 1 1 1 】

50

図 2 4 ~ 図 2 7 は本発明の第 3 形態に係り、図 2 4 は車外監視装置の全体構成図、図 2 5 は車外監視装置の回路ブロック図、図 2 6 は画像の例を示す説明図、図 2 7 は立体物の二次元分布の例を示す説明図である。

【 0 1 1 2 】

本形態の車外監視装置 5 0 は、図 2 4 に示すように、上下 2 台のカメラからなるステレオ光学系 6 0 からの画像を処理して立体物の二次元的な位置分布を認識する通路パターン認識装置 7 0 を採用し、この通路パターン認識装置 7 0 に第 1 形態と同様の画像処理用コンピュータ 3 0 を接続したものであり、通路パターン認識装置 7 0 によって得られる立体物の二次元分布の位置情報を前述の第 1 形態と同様の方法で処理するものである。

【 0 1 1 3 】

上記通路パターン認識装置 7 0 は、周知の装置を適用することができ、例えば、計測自動制御学会論文集 V o l . 2 1 , N o . 2 (昭和 6 0 年 2 月) 「障害物の 2 次元的な分布の認識手法」に記載されている通路パターン認識装置等を適用することができる。尚、上記通路パターン認識装置 7 0 は、前述の第 1 形態と同様に 2 台のカメラの画像を処理して被写体までの距離分布を検出するものであるが、装置内部のデータ処理方法が異なるため立体物の情報のみが出力され、第 1 形態のような白線による道路形状の検出はできない。

【 0 1 1 4 】

上記ステレオ光学系 6 0 は、車両 4 0 の前部に上下一定の間隔をもって取り付けられる 2 台の C C D カメラ 6 0 a , 6 0 b で構成されており、また、上記通路パターン認識装置 7 0 は、図 2 5 に示すように、上記ステレオ光学系 6 0 からの上下 2 枚の画像信号を入力し、立体物の距離及び位置の二次元分布を算出する距離検出回路 6 0 a 、この距離検出回路 6 0 a からの二次元分布情報を記憶する二次元分布メモリ 6 0 b 等から構成されている。

【 0 1 1 5 】

本形態では、ステレオ光学系 6 0 で撮像した画像、例えば、図 2 6 に示すような画像を通路パターン認識装置 7 0 で処理すると、図 2 7 に示すような立体物の二次元分布パターンが出力される。これは、前述の第 1 形態における区分毎の距離データに相当するものであり、この立体物の二次元分布パターンに対し、前述の第 1 形態と同様の処理を行うことにより、立体物検出、接触判定、隙間距離計測を行うことができる。

【 0 1 1 6 】

本形態では、側壁の有無や位置を、直線式のパラメータや前後端の座標といった簡素なデータ形態に変換するため、利用側でのデータの取扱いや処理が容易となる。

【 0 1 1 7 】

図 2 8 ~ 図 3 2 は本発明の実施の第 4 形態に係わり、図 2 8 は車外監視装置の全体構成図、図 2 9 は車外監視装置の回路ブロック図、図 3 0 はレーザビームの走査方法を側面から示す説明図、図 3 1 はレーザビームの走査方法を上面から示す説明図、図 3 2 はレーザレーダ測距装置で計測される立体物の二次元分布の例を示す説明図である。

【 0 1 1 8 】

前述の各形態ではカメラの撮像画像を処理して車外の物体を検出するようにしているが、これに対し、本形態は、レーザビームの走査によって車外の物体を検出するものである。すなわち、図 2 8 に示すように、本形態の車両 8 0 に搭載される車外監視装置 9 0 は、レーザビームによるレーザレーダ測距装置 1 0 0 を採用し、このレーザレーダ測距装置 1 0 0 に画像処理用コンピュータ 3 0 を接続したものである。

【 0 1 1 9 】

上記レーザレーダ測距装置 1 0 0 は、レーザビームを投射し、このレーザビームが物体に当たって反射してくる光を受光し、この所要時間から物体までの距離を測定するものであり、本形態の車外監視装置 9 0 には周知のレーザレーダ測距装置を適用することができる。

【 0 1 2 0 】

本形態の車外監視装置 9 0 では、レーザビームの投射・受光と左右方向への走査機能を有するレーザ投光ユニット 1 0 1 が車両の前部に取り付けられており、図 2 9 に示すように

10

20

30

40

50

、レーザレーダ測距装置 100 には、レーザービームの投光受光の所要時間から物体までの距離を計算し、また、レーザビームを走査する方向から物体の二次元の位置を計算する距離検出回路 100 a、検出された物体の二次元の位置を書き込む二次元分布メモリ 100 b 等から構成されている。

【0121】

図 30 に示すように、レーザ投光ユニット 101 からはレーザビームが水平に投射され、道路表面より高い位置にある立体物のみが検出される。また、図 31 に示すように、レーザビームは左右方向に走査され、所定の走査範囲で一定の間隔毎にレーザビームが投光・受光されて距離を検出する動作が繰り返され、立体物の二次元分布が計測される。

【0122】

例えば、前方左側にガードレール、右前方に他の車両がある状況を上記レーザレーダ測距装置 100 で計測すると、図 32 に示すような立体物の二次元分布の情報が得られる。これは、前述の第 1 形態における区分毎の立体物の距離データと同様である。

【0123】

従って、レーザレーダ測距装置 100 の出力である立体物の二次元分布に対し、第 1 形態と同様の処理を行なうことにより、物体や壁面を検出することができる。本形態では、立体物のデータを処理が容易な形態で得ることができ、計算処理量を低減することが可能である。

【0124】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、検出した障害物の位置の変化や細部形状に関する情報を取り入れて自車両との接触可能性を正確且つ精密に判断することができる等優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の第 1 形態に係わり、車外監視装置の全体構成図

【図 2】同上、車外監視装置の回路ブロック図

【図 3】同上、立体物検出処理のフローチャート（その 1）

【図 4】同上、立体物検出処理のフローチャート（その 2）

【図 5】同上、立体物検出処理のフローチャート（その 3）

【図 6】同上、立体物検出処理のフローチャート（その 4）

【図 7】同上、隙間距離算出処理のフローチャート

【図 8】同上、車載のカメラで撮像した画像の例を示す説明図

【図 9】同上、距離画像の例を示す説明図

【図 10】同上、距離画像の区分を示す説明図

【図 11】同上、検出対象の状況例を示す説明図

【図 12】同上、区分毎の立体物の検出距離の例を示す説明図

【図 13】同上、区分毎の立体物の検出距離をグループ化した例を示す説明図

【図 14】同上、検出した物体と側壁の結果を示す説明図

【図 15】同上、自車両輪郭の近似を示す説明図

【図 16】同上、自車両の通過軌跡を示す説明図

【図 17】同上、左右判定領域の説明図

【図 18】同上、設定時間後の立体物の位置の推定結果を示す説明図

【図 19】同上、視野外距離データの追跡を示す説明図

【図 20】同上、通過軌跡と距離データとの隙間計測の説明図

【図 21】同上、自車両と立体物との接触判定の説明図

【図 22】本発明の実施の第 2 形態に係わり、立体物検出処理の部分フローチャート

【図 23】同上、グループの対応関係を示す説明図

【図 24】本発明の第 3 形態に係り、車外監視装置の全体構成図、

【図 25】同上、車外監視装置の回路ブロック図

【図 26】同上、画像の例を示す説明図

10

20

30

40

50

【図 27】 同上、立体物の二次元分布の例を示す説明図

【図 28】 本発明の実施の第 4 形態に係わり、車外監視装置の全体構成図

【図 29】 同上、車外監視装置の回路ブロック図

【図 30】 同上、レーザビームの走査方法を側面から示す説明図

【図 31】 同上、レーザビームの走査方法を上面から示す説明図

【図 32】 同上、レーザレーダ測距装置で計測される立体物の二次元分布の例を示す説明図

【符号の説明】

1 ... 車外監視装置

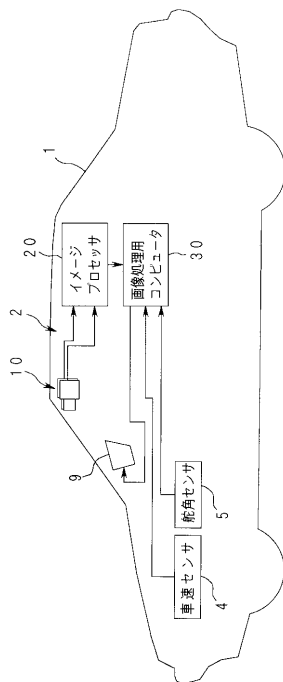
10a, 10b ... CCDカメラ

20 ... イメージプロセッサ

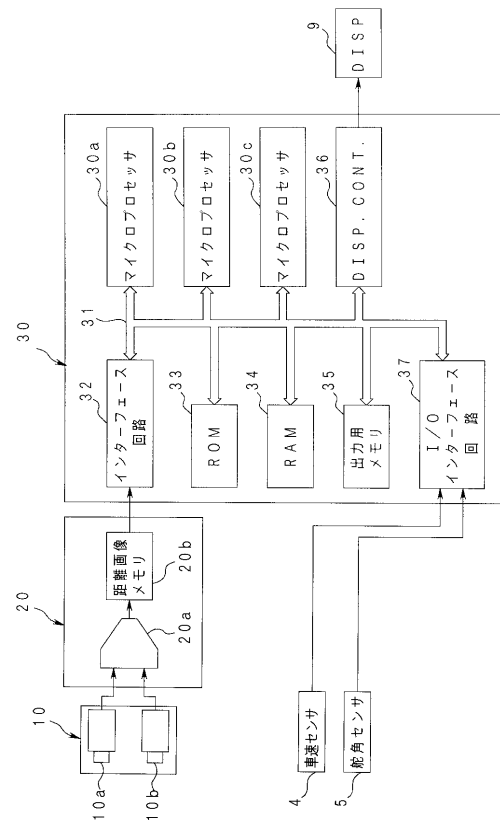
30 ... 画像処理用コンピュータ

10

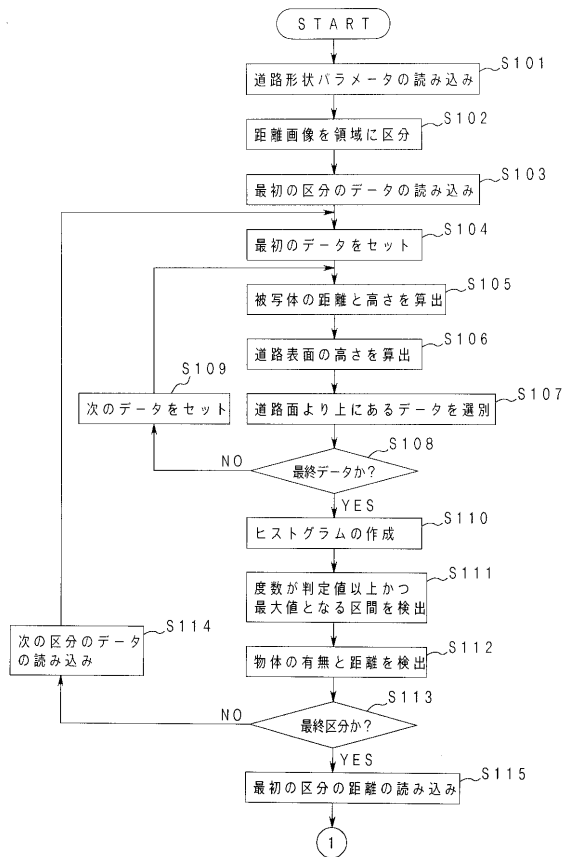
【図 1】



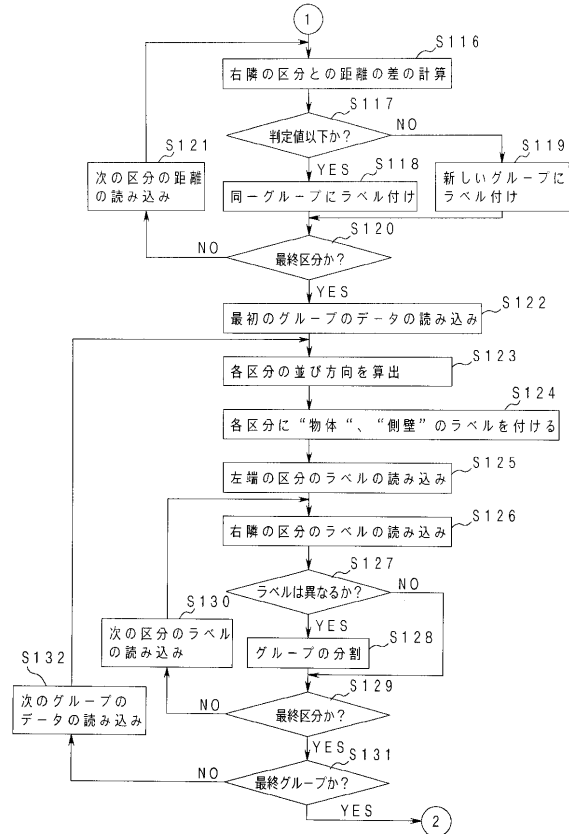
【図 2】



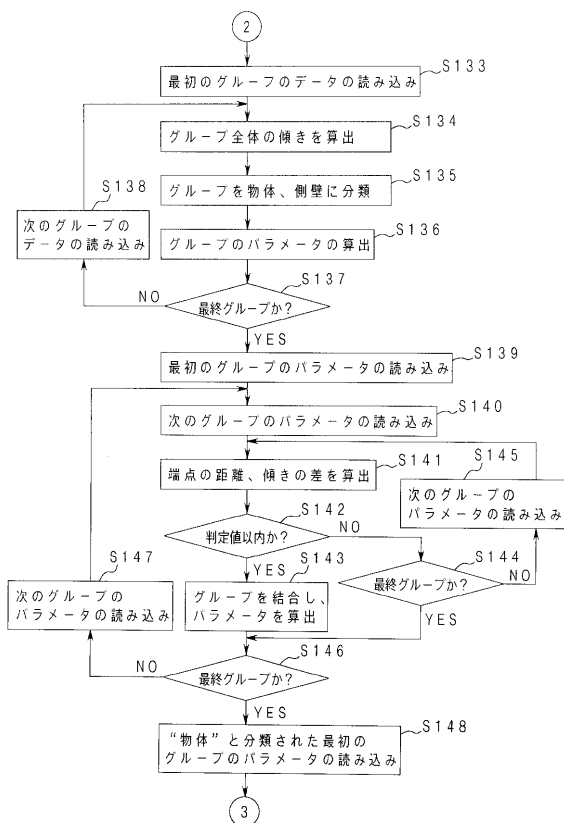
【図 3】



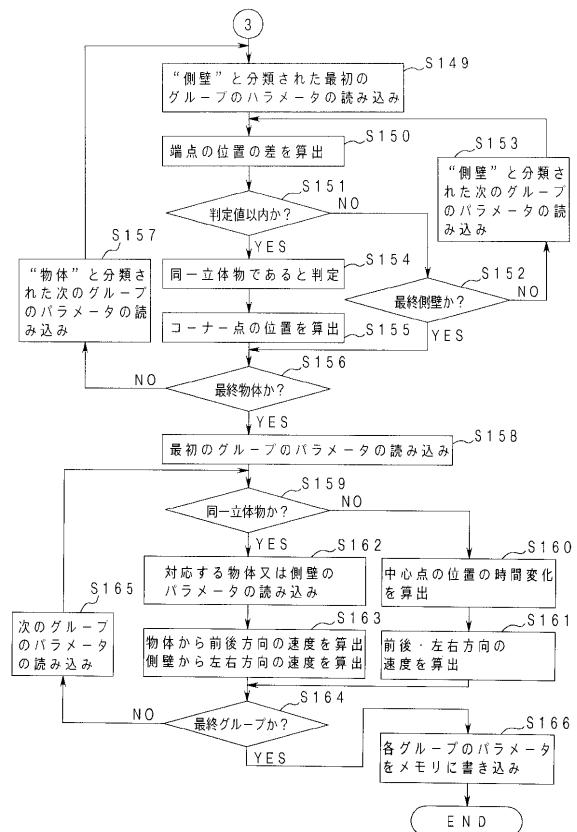
【図 4】



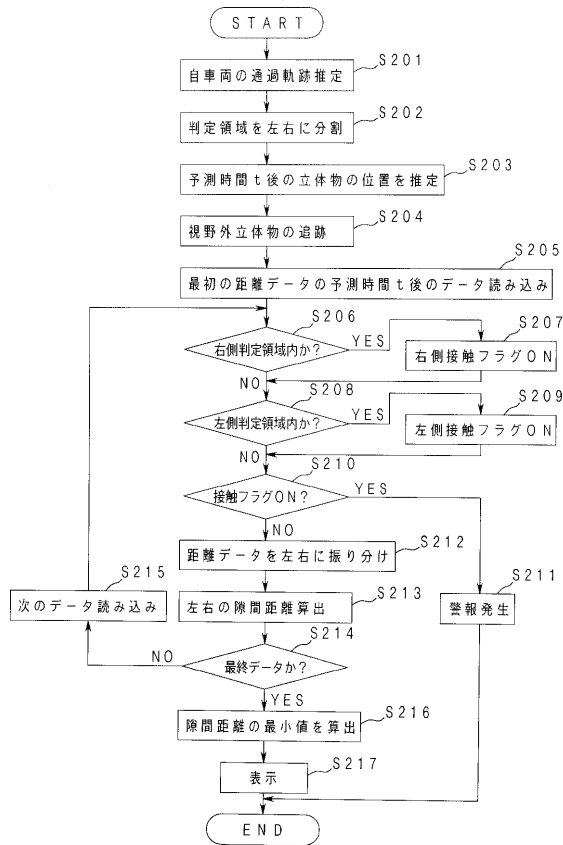
【図 5】



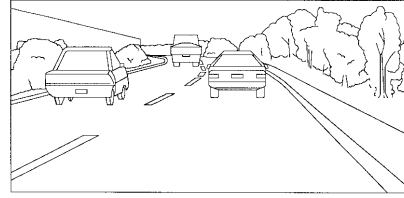
【図 6】



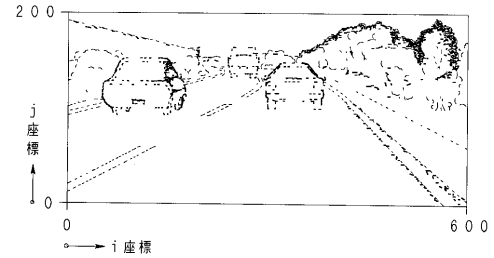
【図 7】



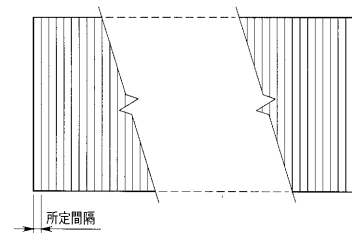
【図 8】



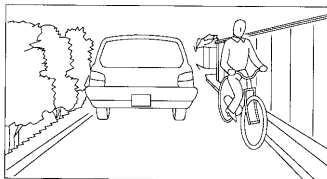
【図 9】



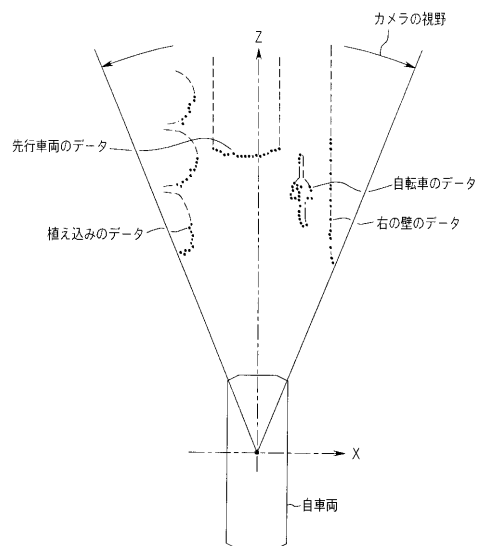
【図 10】



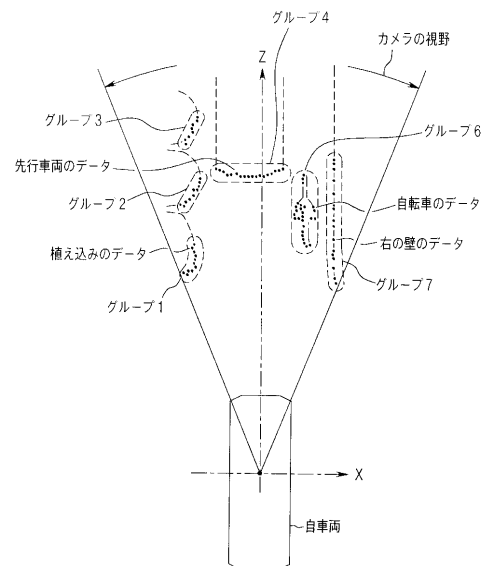
【図 11】



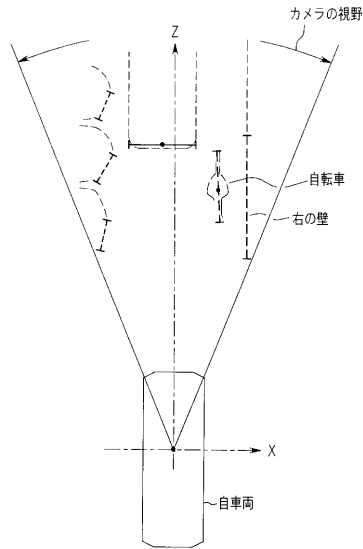
【図 12】



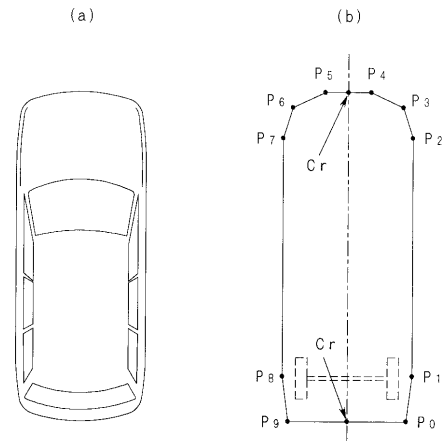
【図 13】



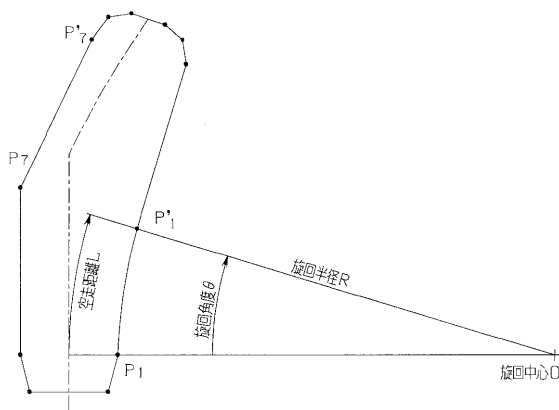
【図 14】



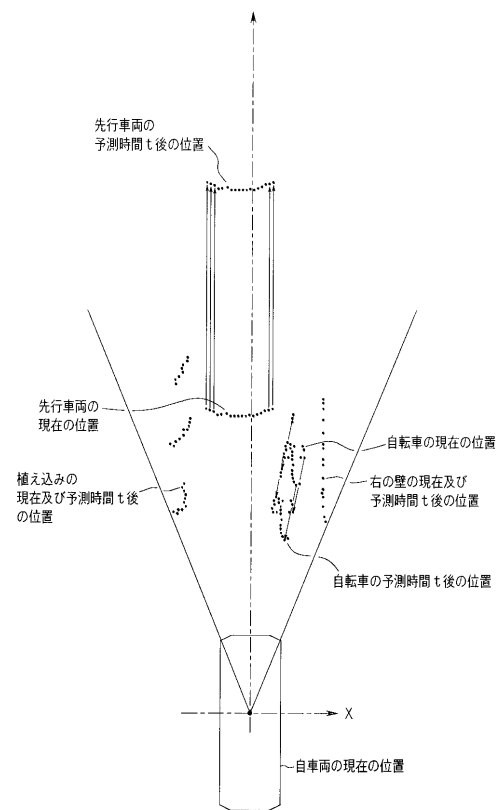
【図 15】



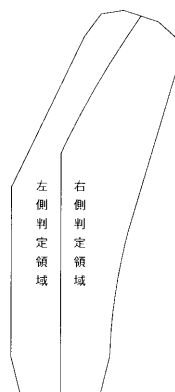
【図 16】



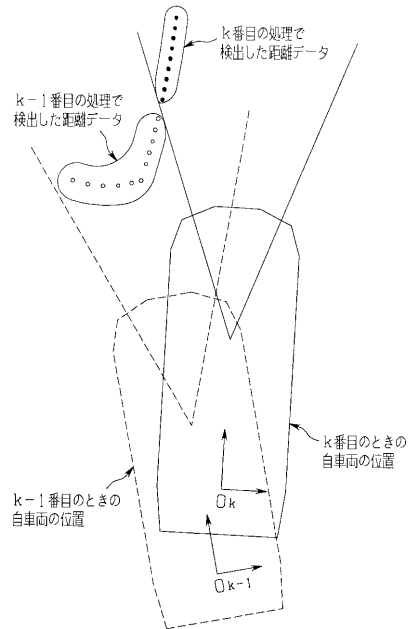
【図 18】



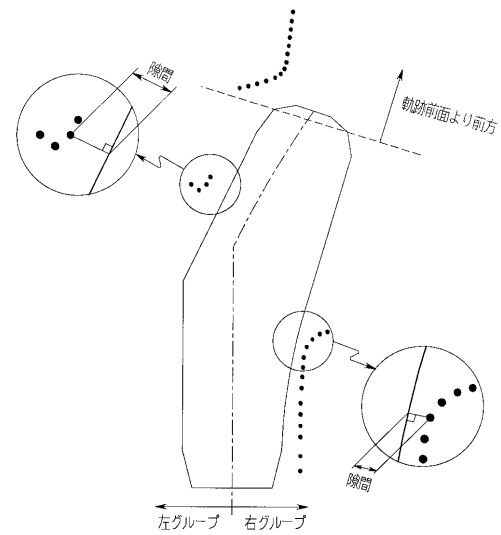
【図 17】



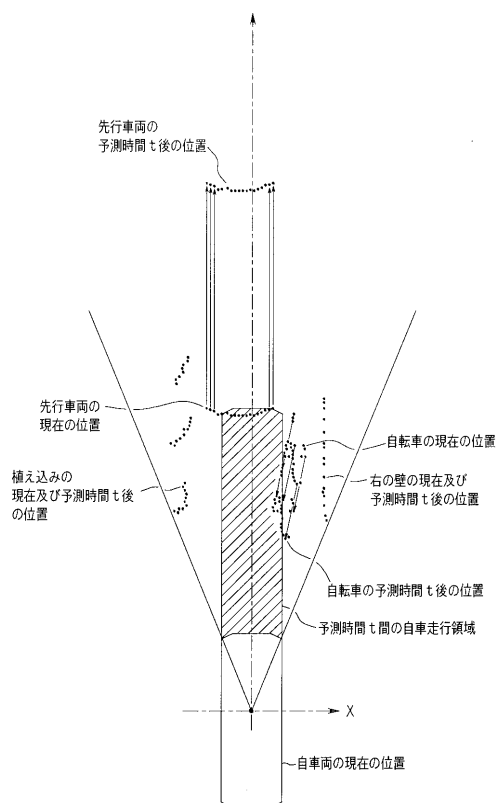
【図 19】



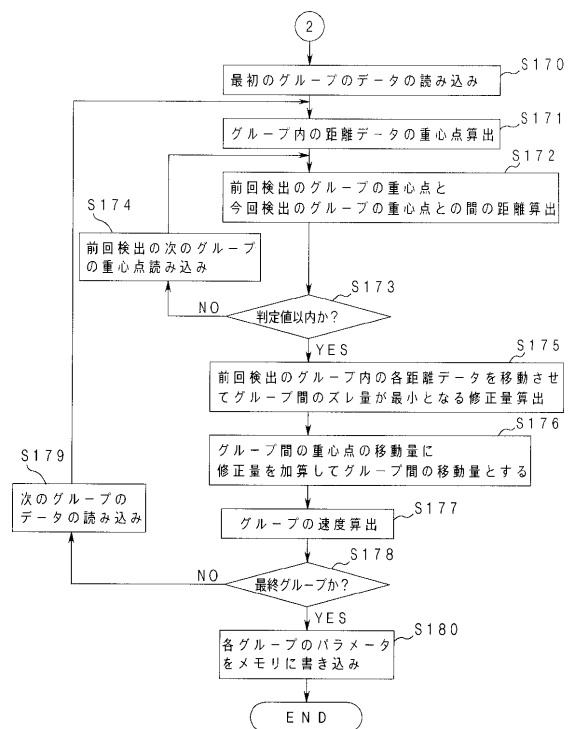
【図 20】



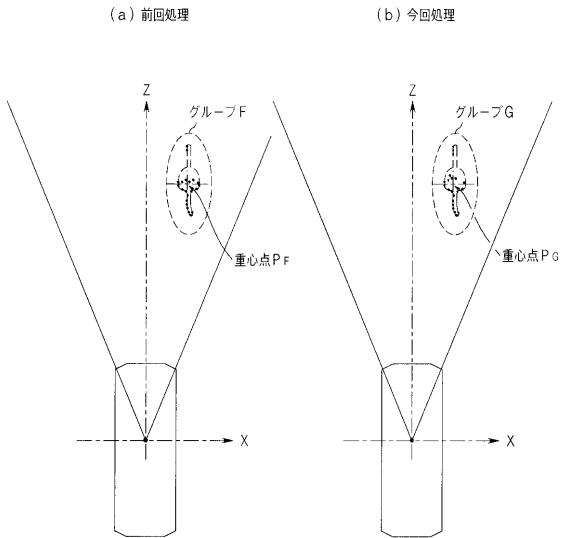
【図 21】



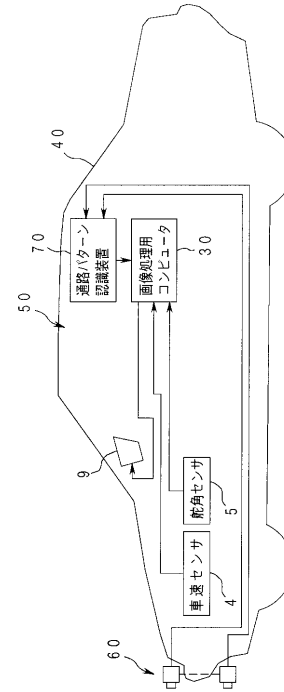
【図 22】



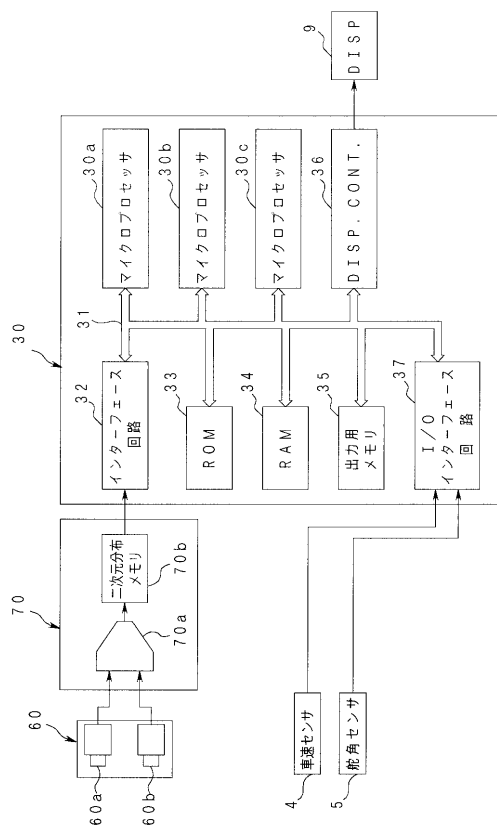
【図 23】



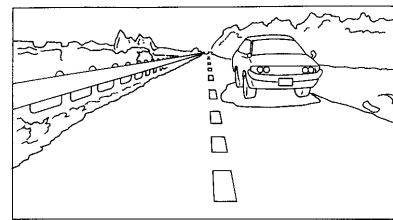
【図 24】



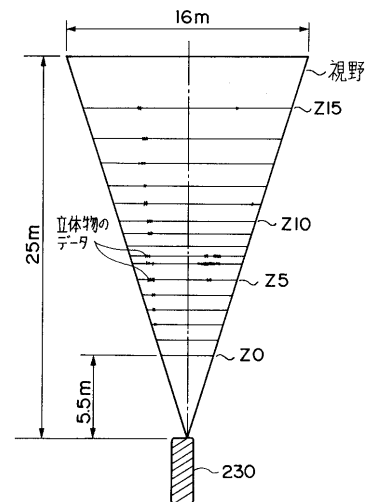
【図 25】



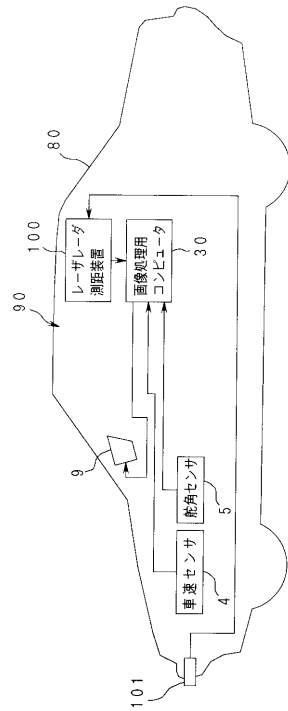
【図 26】



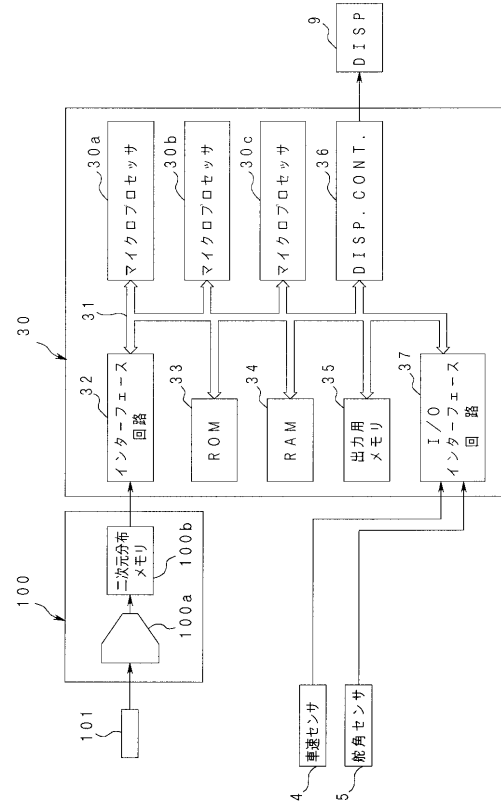
【図 27】



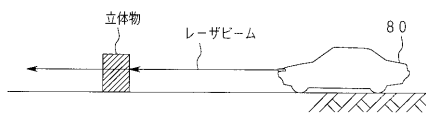
【図 28】



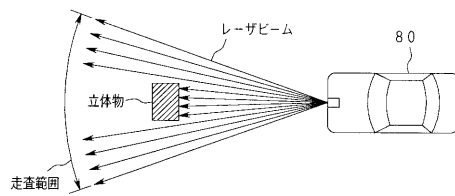
【図 29】



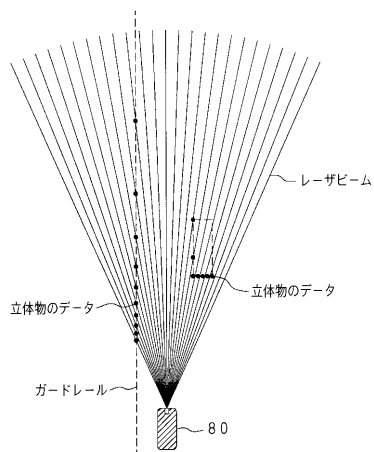
【図 30】



【図 31】



【図 32】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-091595(JP,A)
特開平07-104062(JP,A)
特開平07-225275(JP,A)
特開平07-320199(JP,A)
特開平09-079821(JP,A)
特開平09-079847(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00

G08G 1/16