

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3575346号
(P3575346)

(45) 発行日 平成16年10月13日(2004.10.13)

(24) 登録日 平成16年7月16日(2004.7.16)

(51) Int. Cl.⁷

F I

G06T 7/60

G06T 7/60 200J

B60R 21/00

B60R 21/00 624F

G01B 11/00

G01B 11/00 H

G08G 1/16

G08G 1/16 C

請求項の数 6 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平11-249711 (22) 出願日 平成11年9月3日(1999.9.3) (65) 公開番号 特開2001-76147(P2001-76147A) (43) 公開日 平成13年3月23日(2001.3.23) 審査請求日 平成12年8月8日(2000.8.8)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号 (74) 代理人 100109313 弁理士 机 昌彦 (74) 代理人 100085268 弁理士 河合 信明 (74) 代理人 100111637 弁理士 谷澤 靖久 (72) 発明者 櫻井 和之 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内</p> <p>審査官 星野 昌幸</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 道路白線検出システム、道路白線検出方法および道路白線検出用プログラムを記録した記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

道路画像を処理して道路画像中の白線を検出する道路白線検出システムにおいて、道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割した最下領域にて左右白線を近似する左右第1直線を検出する第1の手段と、

前記左右第1直線の交点である第1消失点から水平線を算出する第2の手段と、

道路画像中の前記最下領域以外の領域にて左右白線を近似する左右直線の交点の前記水平線上に存在することを利用して当該交点を検出することにより、前記最下領域以外の領域での左右白線近似直線を検出する第3の手段と、

を備え、

前記第3の手段は、道路画像中の前記最下領域以外の領域の内、少なくとも前記最下領域に隣接する領域については、その領域の左右白線を近似する左右第2直線の下端での切片が前記左右第1直線により定められ、かつ前記左右第2直線の交点である第2消失点の前記水平線上にあるとして、前記第2消失点を前記水平線上で検出する手段を含み、且つ、道路画像中の前記最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域については、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交点間の前記水平線上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定する手段を含む

ことを特徴とする道路白線検出システム。

【請求項2】

道路画像から左右の白線像上にある点列を、白線特徴点らしさを示す白線フィルタ値と共

に、白線特徴点列として抽出する手段を備え、
 前記第1の手段は、前記白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして最小自乗近似する直線を、白線の直線近似として左右それぞれに検出する手段を含み、
 前記第3の手段は、前記左右第1直線の下側領域における上端点により前記最下領域に隣接する領域の下端での切片を定め、かつ前記最下領域に隣接する領域の白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして左右合わせて最小自乗近似する左右第2直線の交点を、前記水平線上で検出する手段を含む
 ことを特徴とする請求項1記載の道路白線検出システム。

【請求項3】

道路画像を処理して道路画像中の白線を検出する道路白線検出方法において、

(a) 道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割した最下領域にて左右白線を近似する左右第1直線を検出するステップと、
 (b) 前記左右第1直線の交点である第1消失点から水平線を算出するステップと、
 (c) 道路画像中の前記最下領域以外の領域にて左右白線を近似する左右直線の交点が前記水平線上に存在することを利用して当該交点を検出することにより、前記最下領域以外の領域での左右白線近似直線を検出するステップと、
 を含み、

前記ステップcは、道路画像中の前記最下領域以外の領域の内、少なくとも前記最下領域に隣接する領域については、その領域の左右白線を近似する左右第2直線の下端での切片が前記左右第1直線により定められ、かつ前記左右第2直線の交点である第2消失点が前記水平線上にあるとして、前記第2消失点を前記水平線上で検出する処理を含み、かつ、道路画像中の前記最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域については、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交点間の前記水平線上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定する処理を含む
 ことを特徴とする道路白線検出方法。

【請求項4】

道路画像から左右の白線像上にある点列を、白線特徴点らしさを示す白線フィルタ値と共に、白線特徴点列として抽出するステップを更に含み、
 前記ステップ(a)は、前記白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして最小自乗近似する直線を、白線の直線近似として左右それぞれに検出する処理を含み、
 前記ステップ(c)は、前記左右第1直線の下側領域における上端点により前記最下領域に隣接する領域の下端での切片を定め、かつ前記最下領域に隣接する領域の白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして左右合わせて最小自乗近似する左右第2直線の交点を、前記水平線上で検出する処理を含む
 ことを特徴とする請求項3記載の道路白線検出方法。

【請求項5】

道路画像を処理して道路画像中の白線を検出する道路白線検出用プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体であって、コンピュータに、

(a) 道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割した最下領域にて左右白線を近似する左右第1直線を検出するステップと、
 (b) 前記左右第1直線の交点である第1消失点から水平線を算出するステップと、
 (c) 道路画像中の前記最下領域以外の領域にて左右白線を近似する左右直線の交点が前記水平線上に存在することを利用して当該交点を検出することにより、前記最下領域以外の領域での左右白線近似直線を検出するステップであって、道路画像中の前記最下領域以外の領域の内、少なくとも前記最下領域に隣接する領域については、その領域の左右白線を近似する左右第2直線の下端での切片が前記左右第1直線により定められ、かつ前記左右第2直線の交点である第2消失点が前記水平線上にあるとして、前記第2消失点を前記水平線上で検出する処理を含み、かつ、道路画像中の前記最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域については、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交

10

20

30

40

50

点間の前記水平線上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定する処理を含むステップと、

を実行させる道路白線検出用プログラムを記録した記録媒体。

【請求項6】

道路画像から左右の白線像上にある点列を、白線特徴点らしさを示す白線フィルタ値と共に、白線特徴点列として抽出するステップを前記コンピュータに更に実行させるプログラムを含み、且つ、

前記ステップaは、前記白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして最小自乗近似する直線を、白線の直線近似として左右それぞれに検出する処理を含み、

前記ステップcは、前記左右第1直線の下側領域における上端点により前記最下領域に隣接する領域の下端での切片を定め、かつ前記最下領域に隣接する領域の白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして左右合わせて最小自乗近似する左右第2直線の交点を、前記水平線上で検出する処理を含む

ことを特徴とする請求項5記載の道路白線検出用プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、道路画像を処理して道路画像中の白線を検出する道路白線検出技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車の自動走行などへの応用のために、道路画像入力装置にて車両前方の道路を撮像して得た道路画像中から、走行レーンの両端を示す左右の白線を検出する道路白線検出技術の研究開発が進められている。この種の道路白線検出で問題となるのは、道路画像においては解像度不足や他の車両像のために、より遠方部分、つまり道路画像で言えば画像の上側に行くほどノイズの影響が大きくなることである。

【0003】

このような問題の対処法として、道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割し、ノイズの影響の少ない下側領域での白線検出結果を、上側領域での白線検出に利用する方法がある。このような方法を適用した従来技術の一例が、特公平6-24035号公報に記載されている。同公報に記載の従来技術では、下側領域、上側領域を含む少なくとも2つの領域に道路画像を分割し、それぞれの領域において、エッジ抽出後、Hough変換によって検出した不特定多数の直線群の中から、既知である道路幅情報を用いて走行路を与える最も確からしい直線対を決定する際、上側領域における直線対は、既に決定済の下側領域における直線対の上端近傍を通る直線群から選定するようにしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

前述したように道路画像においては、上側領域の方がノイズが多くなり、また解像度も低くなるため、下側領域に比べ、上側領域での白線検出が一般に困難になる。前述した従来技術では、上側領域における直線対は、既に決定済の下側領域における直線対の上端近傍を通る直線群から選定することで多少なりとも検出を容易にしている。しかし、上側領域における直線対の選出も、エッジ抽出後、Hough変換によって検出した不特定多数の直線群の中から、既知である道路幅情報を用いて走行路を与える最も確からしい直線対を決定するという、下側領域における直線対の選出と同様の処理であるため、ノイズ等に対して頑健であるとは言えず、また効率的でもない。特に、画像領域を3つ以上の更に多くの領域に分割していくと、より上側の領域ではノイズの影響がより強くなるため、不特定多数の直線群の中から走行路を与える最も確からしい直線対を決定することは極めて困難である。

【0005】

そこで本発明の目的は、道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割し、ノイズの影響の少ない下側領域での白線検出結果を活用して、上側領域での白線を頑健かつ効率良く検

10

20

30

40

50

出できるようにすることにある。

【0006】

また本発明の他の目的は、道路画像を多数の領域に上下分割した場合であっても上側領域での白線を頑健かつ効率良く検出できるようにすることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の道路白線検出システムは、道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割した最下領域にて左右白線を近似する左右第1直線を検出する第1の手段と、前記左右第1直線の交点である第1消失点から水平線を算出する第2の手段と、道路画像中の前記最下領域以外の領域の内、少なくとも前記最下領域に隣接する領域については、前記左右第1直線の下側領域における上端点により前記最下領域に隣接する領域の下端での切片を定め、かつ道路画像から抽出された前記最下領域に隣接する領域における左右の白線像上にある白線特徴点列を左右合わせて近似する左右第2直線の交点を、前記水平線上で検出することにより、前記左右白線を近似する前記左右第2直線を検出する第3の手段とを備えている。

10

【0008】

本発明の第2の道路白線検出システムは、道路画像を上下に少なくとも2つの領域に分割した最下領域にて左右白線を近似する左右第1直線を検出する第1の手段と、前記左右第1直線の交点である第1消失点から水平線を算出する第2の手段と、道路画像中の前記最下領域以外の領域にて左右白線を近似する左右直線の交点が前記水平線上に存在することを利用して当該交点を検出することにより、前記最下領域以外の領域での左右白線近似直線を検出する第3の手段とを備え、前記第3の手段は、道路画像中の前記最下領域以外の領域の内、少なくとも前記最下領域に隣接する領域については、その領域の左右白線を近似する左右第2直線の下端での切片が前記左右第1直線により定められ、かつ前記左右第2直線の交点である第2消失点が前記水平線上にあるとして、前記第2消失点を前記水平線上で検出する手段を含み、且つ、道路画像中の前記最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域については、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交点間の前記水平線上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定する手段を含む。

20

【0009】

本発明の第3の道路白線検出システムは、第2の道路白線検出システムにおいて、道路画像から左右の白線像上にある点列を、白線特徴点らしさを示す白線フィルタ値と共に白線特徴点列として抽出する手段を備え、前記第1の手段は、前記白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして最小自乗近似する直線を、白線の直線近似として左右それぞれに検出する手段を含み、前記第3の手段は、前記左右第1直線の下側領域における上端点により前記最下領域に隣接する領域の下端での切片を定め、かつ前記最下領域に隣接する領域の白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして左右合わせて最小自乗近似する左右第2直線の交点を、前記水平線上で検出する手段を含む。

30

【0010】

【作用】

道路面が平面をなすとした場合、路面上に平行に引かれた左右の白線を含む道路画像を上下に分割した下側領域内の左右白線の近似直線を延長した場合の交点と、上側領域内の左右白線の近似直線を延長した場合の交点とは、共に或る1本の線の上に位置する。この1本の線のことを本明細書では水平線と呼ぶ。道路画像を更に多くの領域に上下分割した場合も同様に各領域内の左右白線の近似直線を延長した場合の交点は同じ水平線上にあり、このことは道路がカーブしていても同様である。実世界では道路面が全くの平面であることは考えられないが、高速道路など、勾配の変化が少ない道路の場合、撮像されている範囲内の道路は平面と近似しても誤差は少ない。

40

【0011】

本発明はこのような点に着目したものであり、道路画像を上下に少なくとも2つの領域に

50

分割した最下領域にて左右白線を近似する左右第1直線を検出し、この左右第1直線の交点である第1消失点から水平線を算出し、道路画像中の前記最下領域以外の領域にて左右白線を近似する左右直線の交点が前記水平線上に存在することを利用して当該交点を検出することにより、前記最下領域以外の領域での左右白線近似直線を検出する。これにより、最下領域以外の領域での白線検出が既に検出済の水平線上の位置計算で済み、最下領域以外の領域での白線検出が頑健かつ効率良く行える。

【0012】

具体的には、道路画像中の最下領域以外の領域のうち最下領域に隣接する領域については、その領域の左右白線を近似する左右第2直線の下端での切片が左右第1直線上にあり、かつ左右第2直線の交点である第2消失点が水平線上にあるとして、第2消失点を水平線上で検出し、この第2消失点と前記切片とを結ぶ直線を左右第2直線とする。

10

【0013】

道路画像中の最下領域以外の領域のうち最下領域に隣接する領域以外の領域についても、最下領域に隣接する領域と同様に、その領域の左右白線を近似する左右直線の下端での切片が直ぐ下の領域における左右直線上にあり、かつその左右直線の交点が水平線上にあるとして、その交点を水平線上で検出し、この交点と前記切片とを結ぶ直線を左右直線として検出することができる。但し、画像領域を更に多くの領域に分割していくと、より上側の領域ではノイズの影響がより強くなるため、このような方法に変えて、以下のような方法を採用することができる。

【0014】

20

高速道路などではカーブの曲率半径が比較的大きく且つカーブ途中で曲率が殆ど変化しない。従って、そのような道路では、道路画像内には高々1つのカーブだけが写っており、かつその曲率も略一定である。このため、道路画像中の前記最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域については、その領域内の白線自体を検出しなくても、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交点間の前記水平線上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定することができ、この推定した交点と既に検出済の下側の左右白線近似直線の上端点とから当該領域の左右白線近似直線を求めることができる。

【0015】**【発明の実施の形態】**

30

次に、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0016】

図1を参照すると、本発明の第1の実施の形態は、コンピュータ100とこれに接続された道路画像入力装置101とから構成されている。

【0017】

道路画像入力装置101は、車両前方の路面上を撮像して検出対象とする路面上の走行レーンの両側の白線を含む画像情報を生成するものであり、車両の前部の適所に水平に装着されている。本実施形態の場合、検出対象とする路面は、勾配の変化が少ない高速道路など、撮像されている範囲内で道路が平面と近似できる路面である。

【0018】

40

コンピュータ100は、MPU等の処理装置および主記憶等のメモリを含み、プログラム制御により動作する。コンピュータ100に接続された記録媒体K1は、CD-ROM、磁気ディスク、半導体メモリ等の機械読み取り可能な記録媒体であり、道路白線検出用プログラムが記録されている。記録媒体K1に記録された道路白線検出用プログラムは、コンピュータ100の立ち上げ時などにコンピュータ100に読み取られ、コンピュータ100の動作を制御することにより、コンピュータ100上に、白線特徴点抽出手段102と、下側領域左右直線検出手段103と、水平線座標算出手段104と、上側領域直線消失点検出手段105と、白線推定手段106とを実現する。

【0019】

先ず、これらの手段の概略を図1および図3を参照して説明する。

50

【0020】

白線特徴点抽出手段102は、道路画像入力装置101で得られた道路画像301内から左右の白線305、304の像上にある点列を、白線特徴点列として抽出する。

【0021】

下側領域左右直線検出手段103は、予め道路画像301内を上下に分割しておいたうちの下側領域302において、白線特徴点抽出手段102で抽出した左右の白線特徴点列を最も良く近似する直線を左右の白線305、304それぞれに対して検出する。左右の白線305、304それぞれに対して検出した直線が、左第1直線307、右第1直線306である。なお、道路画像301内を下側領域302と上側領域303とに2分割する位置は任意であるが、例えば、下側領域302と上側領域303との境界線が車両前方の所
10

【0022】

水平線座標算出手段104は、実世界での道路面が平面をなすとした場合に、図3で示されているように路面上にある平行な直線の道路画像内での交点が水平線上にあるという性質を利用して、白線特徴点抽出手段102で検出された下側領域302の左第1直線307と右第1直線306の交点である第1消失点311を求め、この第1消失点311を通る水平な線を水平線310として検出し、この水平線310の座標を算出する。

【0023】

上側領域直線消失点検出手段105は、水平線座標算出手段104で検出された水平線310と、下側領域左右直線検出手段103で検出された左右第1直線307、306と、
20
白線特徴点抽出手段102で抽出された上側領域303の白線特徴点列とから、上側領域303での左右白線近似直線309、308を検出する。具体的には、前記した道路面上の平行直線の性質から、図3で示されているように、上側領域303での左白線305及び右白線304を近似した左第2直線309及び右第2直線308の道路画像内での交点(第2消失点312)も水平線310上にあるとして、また上側領域303の下端部での左右第2直線309、308の切片が下側領域302の左右第1直線307、306上にあるとして、その第2消失点312を検出し、この検出した第2消失点312と下側領域302の左第1直線307の上端部の切片とを結ぶ直線を左第2直線309とし、第2消失点312と下側領域302の右第1直線306の上端部の切片とを結ぶ直線を右第2直線308とする。
30

【0024】

白線推定手段106は下側領域302、上側領域303でそれぞれ検出された近似直線307、306、309、308から左右の白線の位置、形状を推定し、その値を出力する。

【0025】

次に、図1乃至図3を参照して本実施の形態の全体の動作について説明する。

【0026】

まず、道路画像入力装置101において道路画像301を入力する(図2のステップA1)。次に、道路画像301から白線特徴点抽出手段102により左右白線についての白線特徴点列を抽出する(ステップA2)。さらに、予め道路画像301を上下に分割しておいた内の下側領域302において、下側領域左右直線検出手段103によって前記白線特徴点列を基にこれを近似する直線307、306(第1直線)を左右それぞれに検出する(ステップA3)。次に、水平線座標算出手段104において、左右第1直線307、306の交点(第1消失点311)を通る水平な線を水平線310として算出する(ステップA4)。次に、上側領域直線消失点検出手段105により上側領域303において、左右白線特徴点列を近似する左右直線309、308(第2直線)の上側領域303下端での切片が左右第1直線307、306上にあり、かつ左右の交点(第2消失点312)が水平線310上にあるとして、第2消失点312の位置を水平線310上で検出し、それを基に左右第2直線309、308を検出する(ステップA5)。最後に、白線推定手段106により第1直線307、306及び第2直線309、308から左右白線の位置、
40
50

形状を推定し、その値を出力する（ステップA6）。

【0027】

次に、本実施の形態の効果について説明する。

【0028】

本実施の形態では、上側領域303における左右白線の直線近似が水平線310上の消失点の検出という、1パラメータの計算という簡便な問題に帰着されるように構成されているため、効率的、かつノイズ等に対して頑健な直線近似ができる。

【0029】

また、本実施の形態では、さらに、上側領域303の左右の直線近似を1つのパラメータで行うように構成されているため、障害物等により上側領域303上で左右どちらかの白線が検出不可能な状況でも、もう一方の白線から左右両方の白線を直線近似することができる。

10

【0030】

また、本実施の形態では、さらに、上側領域303での白線の直線近似に下側領域302での近似結果を下端切片という形で組み込むように構成されているため、上下で矛盾した直線近似をするのを防ぐことができ、従って上下直線近似の整合性判断といったような後処理が不要である。

【0031】

次に、具体的な実施例を挙げて本実施の形態の動作を更に詳しく説明する。

【0032】

まず、白線特徴点抽出手段102の実施例を図4に、その処理例を図5にそれぞれ示す。この例の白線特徴点抽出手段102は、白線像内外の輝度値和の差、白線像端でのエッジ強度、白線像内での輝度値の均一性といった特徴値を道路画像の各点に対して演算し、この演算した各特徴値の線形和という形で、道路画像各点の白線特徴点らしさを計算し、この計算した各点の白線特徴点らしさに基づいて白線特徴点を抽出するもので、白線像横幅決定手段1021、白線内外輝度差計算手段1022、白線端エッジ強度計算手段1023、白線内輝度均一性計算手段1024、白線特徴統合手段1025および白線特徴点データ出力手段1026から構成される。以下、本例の白線特徴点抽出手段102の動作を説明する。

20

【0033】

先ず、白線像横幅決定手段1021により、道路画像各点について、その位置と道路画像入力装置101の高さに基づき、前記道路画像各点が白線の中心線上にある場合の白線像の横幅Bを、 $B = X(z - V) / H$ により計算する（ステップB1）。ここで、Xは実空間での白線幅、Hは道路画像入力装置101の基準面（路面）からの高さであり、これらは事前に設定されている固定値である。また、Vは水平線のz軸座標値であり、初期状態においては事前に設定された値が使われ、水平線座標算出手段104で水平線が検出された以降はこの検出された値が使用される。道路画像入力装置101の座標系を図6に示す。要するに、白線像横幅決定手段1021は、白線像の横幅は、車両に近い手前ほど実際の白線幅に近づき、逆に遠ざかるほど徐々に狭くなって、水平線付近（ $z = V$ ）では零となってしまうことを利用して、道路画像各点における白線像の横幅を決定する。

30

40

【0034】

次に、白線内外輝度差計算手段1022により、道路画像各点について、同一水平ライン上にある画素の内、前記白線像横幅の半分より近い画素の輝度値の和を計算し（ステップB2）、同じく、同一水平ライン上にある画素の内、前記白線像横幅の半分より遠く横幅分より近い画素の輝度値の和を計算し（ステップB3）、前記ステップB2による近い側の輝度値の和と前記ステップB4による遠い側の輝度値の和との「差」を計算する（ステップB4）。この際、それぞれ近い側と遠い側の画素数が等しくなるようにする。当該道路画像点がまさに白線像の中心に位置していたとすると、ステップB2では白線像内の画素の輝度値の和が求められ、ステップB3では白線像に接する外側部分の画素の輝度値の和が求められるため、両者の「差」は最大値を示すことになる。この「差」は、当該道路

50

画像点が白線像の中心から外れるに従って小さくなっていく傾向を示す。

【0035】

次に、白線端エッジ強度計算手段1023により、道路画像各点について、同一水平ライン上で白線像横幅の半分の距離にある左右2つの画素におけるエッジ強度を、例えば原道路画像にソーベルフィルタをかけた際の画素値として計算する(ステップB5)。当該道路画像点が白線像内に位置していたとすると、エッジ強度は大きくなる傾向を示す。

【0036】

また、白線内輝度均一性計算手段1024により、道路画像各点について、同一水平ライン上で白線像横幅の半分より近い左右の画素群の輝度値の均一性、例えば前記画素群内での輝度値の分散、もしくは最大輝度値と最小輝度値との差などを計算する(ステップB6) 10。当該道路画像点がまさに白線像の中心に位置していたとすると、均一性は最も良好となり、当該道路画像点が白線像の中心から外れるに従って徐々に悪化する傾向を示す。

【0037】

次に、白線特徴統合手段1025により、道路画像各点について、内外輝度値和の「差」、エッジ強度、輝度均一性から、例えばそれらの線形和という形で白線特徴点らしさを計算する(ステップB7)。道路画像各点について、前記計算された白線特徴点らしさを対応付けたものを白線フィルタと呼び、個々の道路画像点の白線特徴点らしさを、その道路画像点の白線フィルタ値と呼ぶ。

【0038】

そして最後に、白線特徴点データ出力手段1026により、道路画像の各水平ラインにつ 20いて、白線フィルタ値が極大値を示す左右それぞれ1つの道路画像点を左右白線についての白線特徴点として抽出し、出力する(ステップB8)。出力される白線特徴点データには、当該道路画像点の座標とその白線フィルタ値とが含まれる。

【0039】

図7は、図4に示したような白線特徴点抽出手段102を使用した本実施例の処理の流れを示すフローチャートである。以下、本実施例の動作を説明する。

【0040】

図7に示すように、まず、道路画像入力装置101において道路画像を入力する(図7のステップC1)。次に、図4に示した白線特徴点抽出手段102により、前述したように道路画像の白線フィルタを生成し、その極大点として左右白線についての白線特徴点列を 30抽出する(ステップC2)。ここで、抽出された左右の白線特徴点列を以下のように記す。

左白線特徴点列 $(x_{li}, z_{li}) \quad X_{li}, i = 0, 1, \dots$

右白線特徴点列 $(x_{ri}, z_{ri}) \quad X_{ri}, i = 0, 1, \dots$

ここで、 X_{li} と X_{ri} はベクトルである。また、道路画像点 (x, z) における白線フィルタ値を $W(x, z)$ とする。

【0041】

次に、図8に示すように、予め道路画像を上下に分割しておいた内の下側領域LAにおいて、下側領域左右直線検出手段103によって、前記白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして最小自乗近似する直線(第1直線)を、白線の直線近似として左右それぞれ 40独立に検出する(ステップC3)。つまり、左第1直線を $x = a_1 \quad z + b_1$ と置き、

【数1】

$$f(a_l, b_l) \equiv \sum_{\mathbf{x}_{li} \in LA} w(x_{li}, z_{li}) \{x_{li} - (a_l z_{li} + b_l)\}^2$$

が最小となるように a_l , b_l を定める。同様に、右第 1 直線を $x = a_r z + b_r$ と置き、

【数 2】

$$f(a_r, b_r) \equiv \sum_{\mathbf{x}_{ri} \in LA} w(x_{ri}, z_{ri}) \{x_{ri} - (a_r z_{ri} + b_r)\}^2$$

が最小となるように a_r , b_r を定める。

20

【0042】

次に、水平線座標算出手段 104 において、左右第 1 直線の交点（第 1 消失点）を通るとして水平線を算出する（ステップ C4）。図 8 の場合、第 1 消失点の座標は（ V_x , V_z ）であり、水平線は $z = V_z$ である。

【0043】

次に、上側領域直線消失点検出手段 105 により上側領域 UA において、左右第 1 直線の下側領域 LA における上端点を上側領域 UA 下端での切片とし、かつ白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして左右合わせて最小自乗近似する左右の直線（第 2 直線）の交点（第 2 消失点）を、前記水平線上で検出し（ステップ C5）、左右第 2 直線を検出する。つまり、左右第 1 直線の下側領域における上端点がそれぞれ（ F_e , L ）、（ F_r , L ）であったとすると、左第 2 直線を、

30

$$x = \left\{ \frac{F_l - P_x}{L - V_z} (z - L) + F_l \right\}$$

と置き、右第 2 直線を、

$$x = \left\{ \frac{F_r - P_x}{L - V_z} (z - L) + F_r \right\}$$

と置き、

【数 3】

$$g(P_x) \equiv \sum_{\mathbf{x}_{li} \in UA} w(x_{li}, z_{li}) \left\{ x_{li} - \left(\frac{F_l - P_x}{L - V_z} (z_{li} - L) + F_l \right) \right\}^2$$

$$+ \sum_{\mathbf{x}_{ri} \in UA} w(x_{ri}, z_{ri}) \left\{ x_{ri} - \left(\frac{F_r - P_x}{L - V_z} (z_{ri} - L) + F_r \right) \right\}^2$$

40

が最小となるように P_x を定める。

【0044】

最後に、白線推定手段 106 により第 1 直線及び第 2 直線から左右白線の位置、曲がり方

50

向を推定し、その値を出力する（ステップC6）。位置、曲がり方向以外の情報、例えば左右白線の曲率半径を推定するようにしても良い。

【0045】

次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0046】

図9を参照すると、本発明の第2の実施の形態は、コンピュータ500とこれに接続された道路画像入力装置101とから構成されている。

【0047】

道路画像入力装置101は、車両前方の路面上を撮像して検出対象とする路面上の走行レーンの両側の白線を含む画像情報を生成するものであり、車両の前部の適所に水平に装着されている。本実施形態の場合、検出対象とする路面は、勾配の変化が少なく且つカーブ途中で曲率が変化しないような高速道路など、撮像されている範囲内で道路が略平面に近似でき且つ高々1つのカーブだけが写っているような路面である。

10

【0048】

コンピュータ500は、MPU等の処理装置および主記憶等のメモリを含み、プログラム制御により動作する。コンピュータ500に接続された記録媒体K2は、CD-ROM、磁気ディスク、半導体メモリ等の機械読み取り可能な記録媒体であり、道路白線検出用プログラムが記録されている。記録媒体K2に記録された道路白線検出用プログラムは、コンピュータ500の立ち上げ時などにコンピュータ500に読み取られ、コンピュータ500の動作を制御することにより、コンピュータ500上に、白線特徴点抽出手段102と、下側領域左右直線検出手段103と、水平線座標算出手段104と、上側領域第2消失点検出手段505と、上側領域消失点列推定手段506と、白線推定手段507とを実現する。

20

【0049】

先ず、これらの手段の概略を図9および図10を参照して説明する。

【0050】

白線特徴点抽出手段102は、道路画像入力装置101で得られた道路画像301内から左右の白線305、304の像上にある点列を、白線特徴点列として抽出する。

【0051】

下側領域左右直線検出手段103は、予め道路画像301内を上下に分割しておいたうちの下側領域302において、白線特徴点抽出手段102で抽出した左右の白線特徴点列を最も良く近似する直線を左右の白線それぞれに対して検出する。左右の白線305、304それぞれに対して検出した直線が、左第1直線307、右第1直線306である。なお、道路画像301内を下側領域302とそれ以外の領域とに2分する位置は任意であるが、例えば、下側領域302の上側の境界線が車両前方の所定距離（例えば30m）の位置にくるように分割する。

30

【0052】

水平線座標算出手段104は、実世界での道路面が平面をなすとした場合に、図10で示されているように路面上にある平行な直線の道路画像301内での交点が水平線上にあるという性質を利用して、白線特徴点抽出手段102で検出された下側領域302の左第1直線307と右第1直線306の交点である第1消失点311を求め、この第1消失点311を通る水平な線を水平線310として検出し、この水平線310の座標を算出する。

40

【0053】

上側領域第2消失点検出手段505は、図10に示すように予め上側領域を上下に複数の領域703～706に分割しておいた内の最も下に位置する上側第1領域703において、水平線座標算出手段104で検出された水平線310と、下側領域左右直線検出手段103で検出された左右第1直線307、306と、白線特徴点抽出手段102で抽出された上側第1領域703の白線特徴点列とから、上側第1領域703での左右の白線特徴点列を近似した直線（左第2直線713、右第2直線712）の交点（第2消失点714）を検出し、この第2消失点714から左右第2直線713、712を検出する。具体的に

50

は、前記した道路面上の平行直線の性質から、図10で示されているように、上側第1領域703での左白線305及び右白線304を近似した左第2直線713及び右第2直線712の交点(第2消失点714)も水平線310上にあるとして、また上側第1領域703の下端部での左右第2直線713、712の切片が下側領域302の左右第1直線307、306上にあるとして、その第2消失点714を検出し、この検出した第2消失点714と下側領域302の左第1直線307の上端部の切片とを結ぶ直線を左第2直線713とし、第2消失点714と下側領域302の右第1直線306の上端部の切片とを結ぶ直線を右第2直線712とする。

【0054】

なお、予め上側領域を上下に複数の領域に分割する位置は、少なくとも水平線310に隣接する領域を除き、他の領域の上下幅が実空間で同じ道路長になるように分割する。つまり、図10の場合、上側第1領域703、上側第2領域704、上側第3領域705の上下幅を実空間で同じ道路長(例えば30m)になるように分割し、残りを水平線310に隣接する上側第4領域706に割り当てる。

【0055】

上側領域消失点列推定手段506は、道路画像301の上側第2領域704から上側第4領域706の各領域について、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交点間の水平線310上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定し、その交点に基づき各領域での左右白線近似直線を求める。即ち、図10の場合、下側領域左右直線検出手段103で検出された第1消失点311、上側領域第2消失点検出手段505で検出された第2消失点714から、上側第2領域704の左右第3直線716、715の第3消失点717、上側第3領域705の左右第4直線719、718の第4消失点720、上側第4領域706の左右第5直線の第5消失点721をその順に順次に推定し、第3消失点717と上側第1領域703の左右第2直線713、712の上端部の切片とを結ぶ直線を左第3直線716、右第3直線715とし、第4消失点720と上側第2領域704の左右第3直線716、715の上端部の切片とを結ぶ直線を左第4直線719、右第4直線718とし、第5消失点721と上側第3領域705の左右第4直線719、718の上端部の切片とを結ぶ直線を左右第5直線とする。

【0056】

白線推定手段507は、下側領域302、上側領域の各領域703～706でそれぞれ検出された左右白線近似直線から左右の白線の位置、形状を推定し、その値を出力する。

【0057】

次に、図9乃至図11を参照して本実施の形態の全体の動作について説明する。

【0058】

まず、道路画像入力装置101において道路画像301を入力する(図11のステップD1)。次に、道路画像301から白線特徴点抽出手段102により左右白線についての白線特徴点列を抽出する(ステップD2)。さらに、予め道路画像301を上下に分割しておいたうちの下側領域302において、下側領域左右直線検出手段103によって前記白線特徴点列を基にこれを近似する直線307、306(第1直線)を左右それぞれに検出する(ステップD3)。次に、水平線座標算出手段104において、左右第1直線307、306の交点(第1消失点311)を通る水平な線を水平線310として算出する(ステップD4)。

【0059】

次に、上側領域第2消失点検出手段505により、予め上側領域を上下に複数の領域703～706に分割しておいた内の最も下に位置する上側第1領域703において、左右白線特徴点列を近似する左右直線713、712(第2直線)の上側第1領域703下端での切片が左右第1直線307、306上にあり、かつ左右の交点(第2消失点714)が水平線310上にあるとして、第2消失点714の位置を水平線310上で検出し、それを基に左右第2直線713、712を検出する(ステップD5)。

【0060】

10

20

30

40

50

次に、変数 n を 2 に初期化し（ステップ D 6）、上側領域消失点列推定手段 5 0 6 により、先ず、上側第 n ($= 2$) 領域 7 0 4 において、第 n ($= 2$) 消失点 7 1 4、第 $n - 1$ ($= 1$) 消失点 3 1 1 を基に、第 $n + 1$ ($= 3$) 消失点 7 1 7 を、水平線 3 1 0 上に存在するとして推定し、これを基に左右第 3 直線 7 1 6、7 1 5 を検出する（ステップ D 7）。

【 0 0 6 1 】

次に、上側第 n ($= 2$) 領域 7 0 4 が水平線 3 1 0 に隣接するか否かを判別し（ステップ D 8）、隣接していなければ、 n を + 1 して（ステップ D 9）、ステップ D 7 に戻って、上述の処理を繰り返す。図 1 0 の場合、上側第 2 領域 7 0 4 は水平線 3 1 0 に隣接していないので、ステップ D 7 に戻り、上側第 n ($= 3$) 領域 7 0 5 において、第 n ($= 3$) 消失点 7 1 7、第 $n - 1$ ($= 2$) 消失点 7 1 4 を基に、第 $n + 1$ ($= 4$) 消失点 7 2 0 を、水平線 3 1 0 上に存在するとして推定し、これを基に左右第 4 直線 7 1 9、7 1 8 を検出する。図 1 0 の場合、以下同様にして、第 5 消失点 7 2 1 及びそれから求まる左右第 5 直線まで求められる。そして、第 5 消失点 7 2 1 をステップ D 7 で求めると、上側第 4 領域 7 0 6 が水平線 3 1 0 に隣接しているので、ステップ D 8 の判断結果が Y E S となり、上側領域消失点列推定手段 5 0 6 は処理を終える。

10

【 0 0 6 2 】

最後に、白線推定手段 5 0 7 により、左右第 1 直線 3 0 7、3 0 6、左右第 2 直線 7 1 3、7 1 2、...、左右第 5 直線から左右白線 3 0 5、3 0 4 の位置、形状を推定し、その値を出力する（ステップ D 1 0）。

【 0 0 6 3 】

次に、本実施の形態の効果について説明する。

20

【 0 0 6 4 】

本実施の形態では、上側領域における左右白線が複数の直線からなる折れ線で近似するように構成されているため、カーブ路における近似精度を保つことができる。

【 0 0 6 5 】

また、本実施の形態では、さらに、下側領域と、上側領域のうち最も下に位置する上側第 1 領域における白線特徴点列しか利用せず、更に上側の領域についてはこの 2 つの領域における検出結果から推定するように構成されているため、道路画像において解像度不足や他車両像のためにより上側にいくほど増えていくノイズの影響を抑えることができる。

【 0 0 6 6 】

次に、具体的な実施例を用いて本実施の形態の動作を説明する。

30

【 0 0 6 7 】

図 1 2 に示すように、まず、道路画像入力装置 1 0 1 において道路画像を入力する（ステップ E 1）。次に、この道路画像から白線特徴点抽出手段 1 0 2 により、前述した実施例と同様に白線フィルタを生成し、その極大点として左右白線についての白線特徴点列を抽出する（ステップ E 2）。さらに、予め道路画像を上下に分割しておいたうちの下側領域において、下側領域左右直線検出手段 1 0 3 によって、前記白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして最小自乗近似する直線（第 1 直線）を、白線の直線近似として左右それぞれに検出する（ステップ E 3）。次に、水平線座標算出手段 1 0 4 において、左右第 1 直線の交点（第 1 消失点）を通るとして水平線を算出する（ステップ E 4）。

40

【 0 0 6 8 】

次に、上側領域第 2 消失点検出手段 5 0 5 により、予め上側領域を上下に複数の領域に分割しておいた内の最も下に位置する上側第 1 領域において、左右第 1 直線の下側領域における上端点を上側第 1 領域下端での切片とし、かつ白線特徴点列を前記白線フィルタ値を重みとして左右合わせて最小自乗近似する左右の直線（第 2 直線）の交点（第 2 消失点）を、前記水平線上で検出する（ステップ E 5）。

【 0 0 6 9 】

次に、変数 n を 2 に初期化する（ステップ E 6）。次に、上側領域消失点列推定手段 5 0 6 により、上側第 n 領域における第 $n + 1$ 消失点の前記水平線上での位置を $V[n + 1]$ として、 $V[n]$ 、 $V[n - 1]$ を基に、 $V[n + 1]$ を以下の式で推定する。

50

$$V[n+1] = V[n] + (V[n] - V[n-1])$$

【0070】

次に、上側第 n 領域が水平線に隣接していなければ（ステップ E 8）、 n を 1 インクリメントしてステップ E 7 に戻る（ステップ E 9）。隣接していれば最後に、白線推定手段 507 により第 1 直線、第 2 直線、...、から左右白線の位置、曲がり方向を推定し、その値を出力する（ステップ E 10）。曲率半径をも推定し、その値を出力しても良い。

【0071】

以上の第 2 の実施の形態では、道路画像中の最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域については、その領域より下側の複数の領域における左右白線近似直線の交点間の水平線上での変位量に基づいて、その領域での左右白線近似直線の交点を推定した。他の実施の形態として、道路画像中の最下領域及びそれに隣接する領域以外の領域についても、最下領域に隣接する領域と同様に、その領域の左右白線を近似する左右直線の下端での切片が直ぐ下の領域における左右直線上にあり、かつその左右直線の交点が同一水平線上にあるとして、前述した数 3 の式と同様な式によりその交点を水平線上で検出し、この交点と前記切片とを結ぶ直線を左右直線として検出するようにしても良い。

【0072】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば以下のような効果が得られる。

【0073】

第 1 の効果は、道路画像中の上側領域での白線を頑健かつ効率良く検出できることである。その理由は、上側領域での直線近似が左右近似直線の消失点の、既に検出済の水平線上の位置計算という、1 つのみのパラメータを求める問題に帰着されているためである。

【0074】

第 2 の効果は、道路画像中の上側領域において左右どちらかの白線が欠けていてもその推定ができることである。その理由は、上側領域での直線近似が左右近似直線の消失点の、既に検出済の水平線上の位置計算という、左右白線で共通のパラメータのみを求める問題に帰着されているためである。

【0075】

第 3 の効果は、道路画像を多数の領域に上下分割した場合であっても上側領域での白線を頑健かつ効率良く検出できることである。その理由は、道路画像中の最下領域とその隣接領域以外の領域については、比較的ノイズの少ない道路画像の下の方の画像データを使って検出済の水平線上の複数の交点間の変位量に基づいて、順次にその領域での左右白線近似直線の交点を推定しており、ノイズの影響を強く受ける上方の画像データを利用していないからである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 2】第 1 の実施の形態の動作を示す流れ図である。

【図 3】第 1 の実施の形態の動作を説明する道路画像図である。

【図 4】白線特徴点抽出手段の実施例を示すブロック図である。

【図 5】白線特徴点抽出手段の実施例の動作を示す流れ図である。

【図 6】道路画像入力装置の座標系を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態の動作の具体例を示す流れ図である。

【図 8】下側領域左右直線検出手段、水平線座標算出手段および上側領域直線消失点検出手段の動作説明図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 10】第 2 の実施の形態の動作を説明する道路画像図である。

【図 11】第 2 の実施の形態の動作を示す流れ図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施の形態の動作の具体例を示す流れ図である。

【符号の説明】

100, 500 ... コンピュータ

10

20

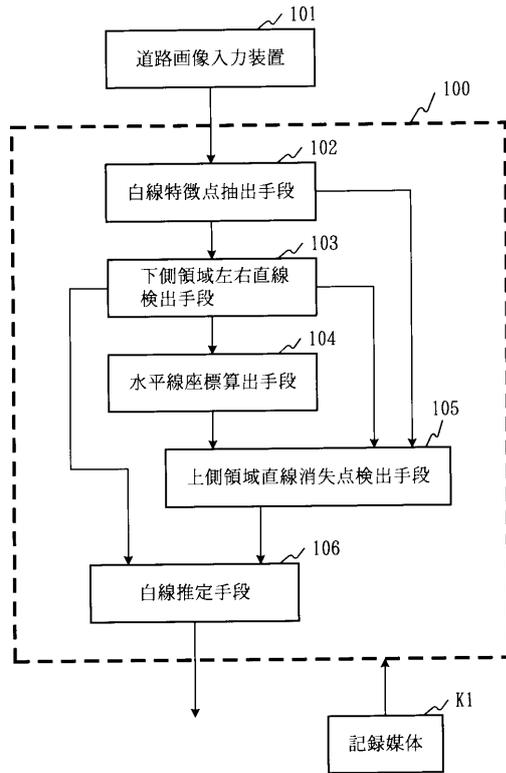
30

40

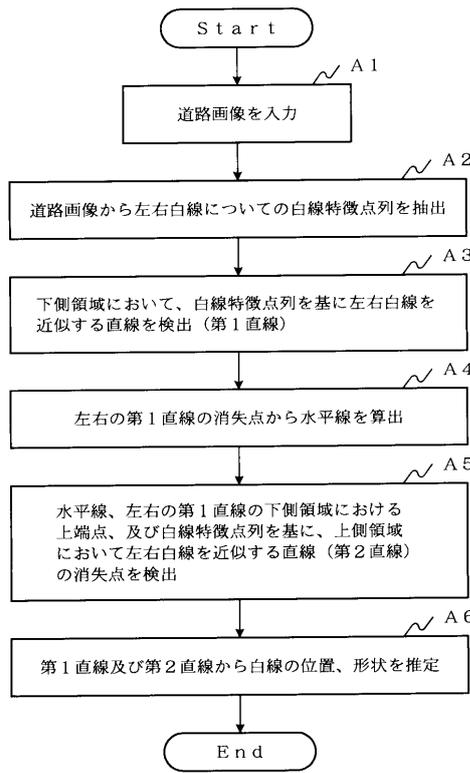
50

1 0 1 ... 道路画像入力装置	
1 0 2 ... 白線特徴点抽出手段	
1 0 3 ... 下側領域左右直線検出手段	
1 0 4 ... 水平線座標算出手段	
1 0 5 ... 上側領域直線消失点検出手段	
1 0 6 ... 白線推定手段	
3 0 1 ... 道路画像	
3 0 2 ... 下側領域	
3 0 3 ... 上側領域	
3 0 4 ... 右白線	10
3 0 5 ... 左白線	
3 0 6 ... 右第 1 直線	
3 0 7 ... 左第 1 直線	
3 0 8 ... 右第 2 直線	
3 0 9 ... 左第 2 直線	
3 1 0 ... 水平線	
3 1 1 ... 第 1 消失点	
3 1 2 ... 第 2 消失点	
5 0 5 ... 上側領域第 2 消失点検出手段	
5 0 6 ... 上側領域消失点列推定手段	20
5 0 7 ... 白線推定手段	
7 0 3 ... 上側第 1 領域	
7 0 4 ... 上側第 2 領域	
7 0 5 ... 上側第 3 領域	
7 0 6 ... 上側第 4 領域	
7 1 2 ... 右第 2 直線	
7 1 3 ... 左第 2 直線	
7 1 4 ... 第 2 消失点	
7 1 5 ... 右第 3 直線	
7 1 6 ... 左第 3 直線	30
7 1 7 ... 第 3 消失点	
7 1 8 ... 右第 4 直線	
7 1 9 ... 左第 4 直線	
7 2 0 ... 第 4 消失点	
7 2 1 ... 第 5 消失点	

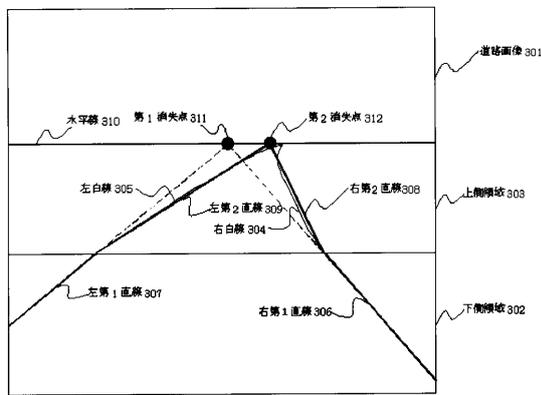
【 図 1 】



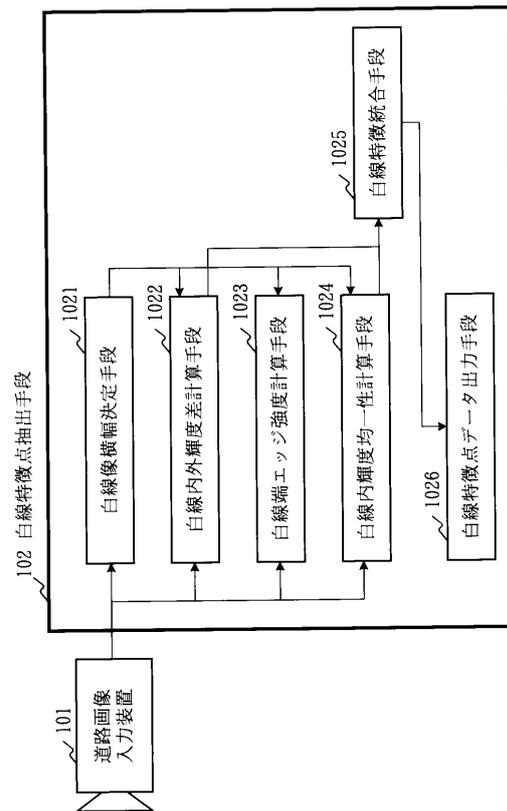
【 図 2 】



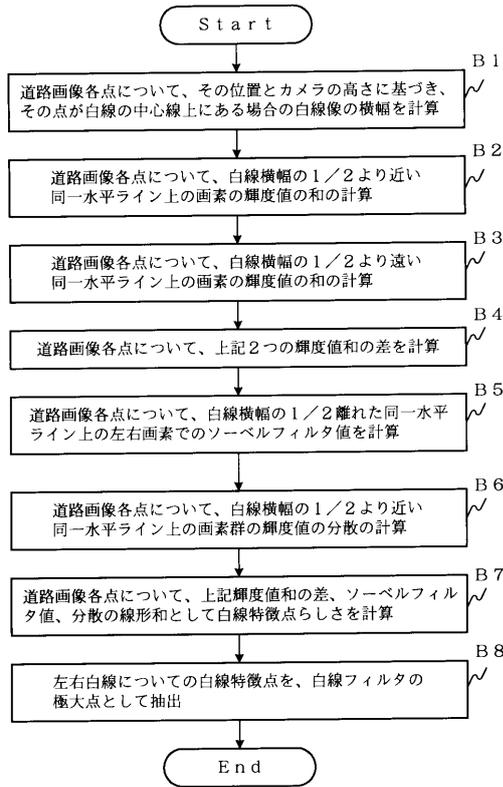
【 図 3 】



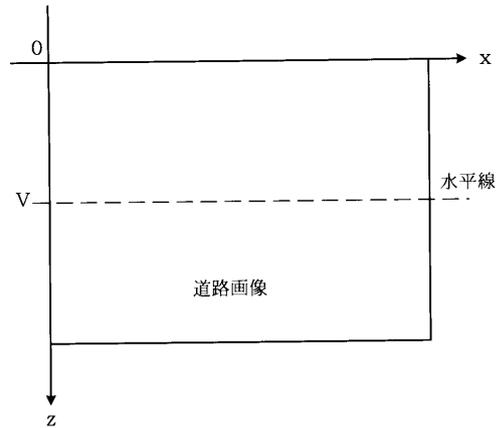
【 図 4 】



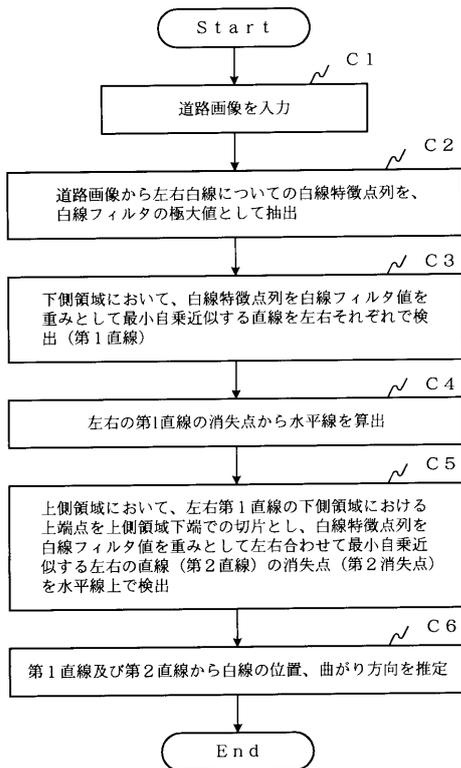
【 図 5 】



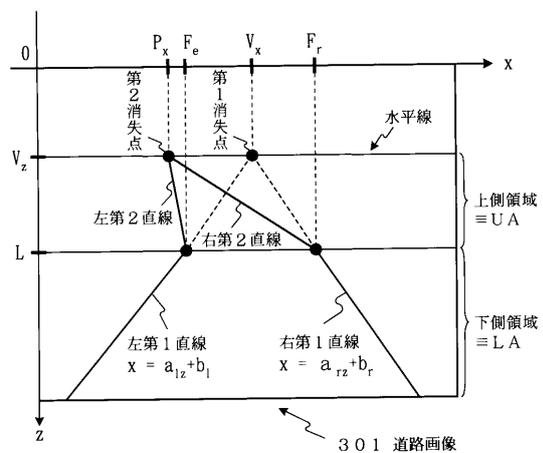
【 図 6 】



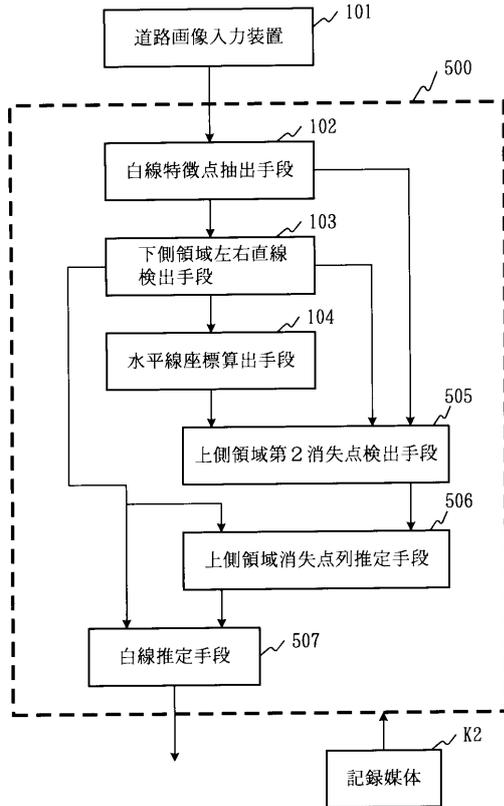
【 図 7 】



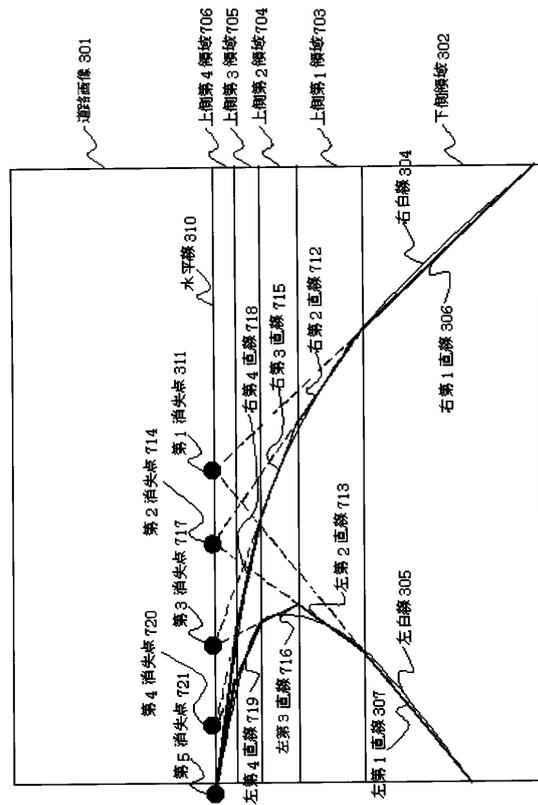
【 図 8 】



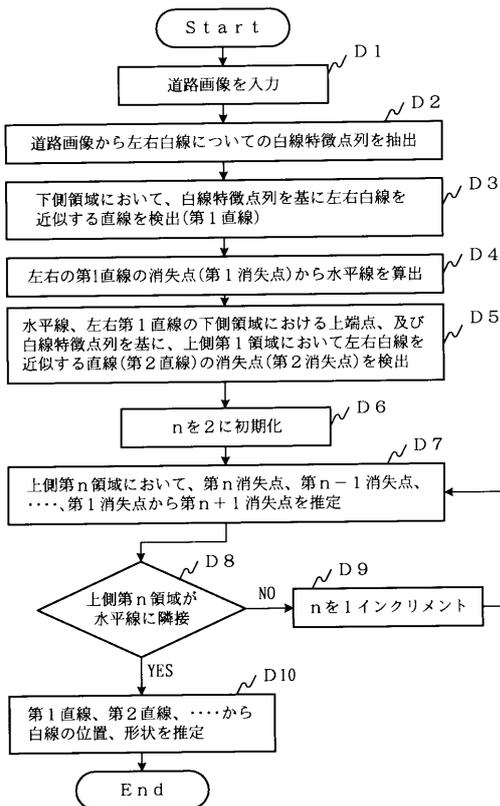
【図9】



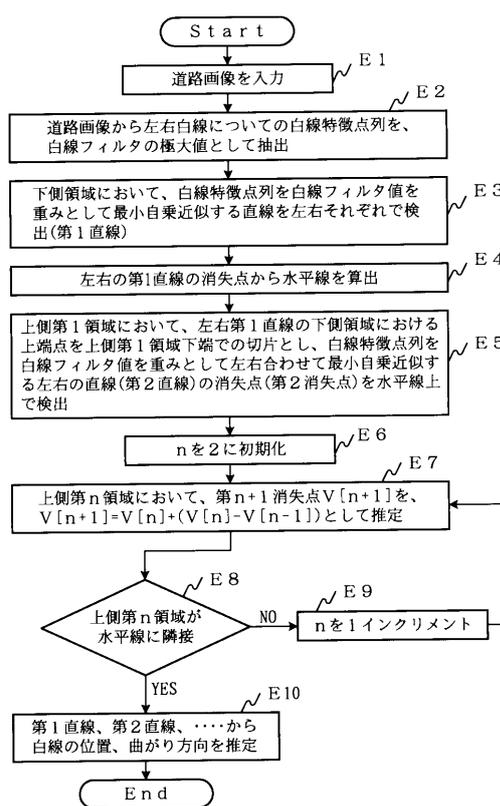
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平07-078234(JP,A)
特公平06-024035(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G06T 7/60

B60R 21/00

G01B 11/00

G08G 1/16

JICSTファイル(JOIS)