

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3629935号
(P3629935)

(45) 発行日 平成17年3月16日(2005.3.16)

(24) 登録日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl.⁷

F I

GO 1 P 3/36
GO 6 T 1/00
GO 6 T 7/20

GO 1 P 3/36 C
GO 6 T 1/00 3 1 5
GO 6 T 7/20 B

請求項の数 6 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-30607 (22) 出願日 平成10年1月27日(1998.1.27) (65) 公開番号 特開平11-211738 (43) 公開日 平成11年8月6日(1999.8.6) 審査請求日 平成14年7月3日(2002.7.3)</p>	<p>(73) 特許権者 000002945 オムロン株式会社 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 801番地 (74) 代理人 100078916 弁理士 鈴木 由充 (72) 発明者 大橋 勝己 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内 (72) 発明者 來海 雅俊 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内 審査官 ▲広▼島 明芳</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動体の速度計測方法およびその方法を用いた速度計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の撮像手段を移動体の通過経路に向けて配備し、各撮像手段からの画像データを取り込んで、前記通過経路上の移動体の速度を計測する方法であって、各撮像手段より同じタイミングで取り込まれた各画像間で同じ物点を表す特徴点同士を対応づけて、各物点の3次元座標を算出するとともに、少なくともいずれか1個の撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけした後、これら時間軸上で対応する特徴点の各3次元座標を用いて各物点の移動速度を計測し、各物点の3次元座標と移動速度とを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するものにグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度を認識することを特徴とする移動体の速度計測方法。

10

【請求項2】

複数の撮像手段を移動体の通過経路に向けて配備し、各撮像手段からの画像データを取り込んで、前記通過経路上の移動体の速度を計測する方法であって、各撮像手段より同じタイミングで取り込まれた各画像間で同じ物点を表す特徴点同士を対応づけて、各物点の3次元座標を算出するとともに、少なくともいずれか1個の撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけした後、これら時間軸上で対応する特徴点の各3次元座標を用いて、物点毎に、空間内におけるその物点の移動ベクトルを特定し、

20

各物点の3次元座標と特定された移動ベクトルとを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で同じ方向に移動するもの毎にグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度および進行方向を認識することを特徴とする移動体の速度計測方法。

【請求項3】

所定の通過経路を通過する移動体上に、複数の撮像手段を、それぞれその移動体より外側の所定方向に向けて配備し、各撮像手段からの画像データを取り込んで、前記移動体の速度を計測する方法であって、

各撮像手段より同じタイミングで取り込まれた各画像間で同じ物点を表す特徴点同士を対応づけて、各物点の3次元座標を算出するとともに、

少なくともいずれか1個の撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけした後、これら時間軸上で対応する特徴点の各3次元座標を用いて各物点の移動速度を計測し、

各物点の3次元座標と移動速度とを用いて、各物点を、同じ速度で移動するもの毎にグループ分けし、最も構成点の多いグループの速度を前記移動体の速度として認識することを特徴とする移動体の速度計測方法。

【請求項4】

移動体の通過経路に向けて配備された複数の撮像手段と、

各撮像手段からの画像を入力するための画像入力手段と、

前記画像入力手段より画像が入力される都度、各入力画像上の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、

同じタイミングで入力された各画像間で、前記特徴点抽出手段により抽出された各特徴点の中から同じ物点を表す特徴点を対応づけする対応づけ手段と、

前記対応づけ手段により対応づけられた各特徴点の2次元座標を用いて、これら特徴点の表す物点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、

少なくともいずれか1つの撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけする第2の対応づけ手段と、

第2の対応づけ手段により時間軸上で対応づけられた特徴点の各3次元座標の算出値を用いて、各物点の移動速度を算出する速度算出手段と、

各物点の3次元座標と前記移動速度の算出値とを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するもの毎にグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度を認識する速度認識手段とを具備して成る速度計測装置。

【請求項5】

移動体の通過経路に向けて配備された複数の撮像手段と、

各撮像手段からの画像を入力するための画像入力手段と、

前記画像入力手段より画像が入力される都度、各入力画像上の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、

同じタイミングで入力された各画像間で、前記特徴点抽出手段により抽出された各特徴点の中から同じ物点を表す特徴点を対応づけする対応づけ手段と、

前記対応づけ手段により対応づけられた各特徴点の2次元座標を用いて、これら特徴点の表す物点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、

少なくともいずれか1つの撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけする第2の対応づけ手段と、

第2の対応づけ手段により時間軸上で対応づけられた特徴点の各3次元座標の算出値を用いて、物点毎に、空間内におけるその物点の移動ベクトルを特定する移動ベクトル特定手段と、

各物点の3次元座標と特定された移動ベクトルとを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で同じ方向に移動するもの毎にグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度を認識する速度認識手段とを具備して成る速度計測装置。

【請求項6】

所定の通過経路上を移動する移動体に、それぞれこの移動体より外側の所定方向に向けて

取り付けられる複数の撮像手段と、
各撮像手段からの画像を入力するための画像入力手段と、
前記画像入力手段より画像が入力される都度、各入力画像上の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、
同じタイミングで入力された各画像間で、前記特徴点抽出手段により抽出された各特徴点の中から前記物体の同じ物点を表す特徴点を対応づけする対応づけ手段と、
前記対応づけ手段により対応づけられた各特徴点の2次元座標を用いて、これら特徴点の表す物点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、
少なくともいずれか1つの撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけする第2の対応づけ手段と、
第2の対応づけ手段により時間軸上で対応づけられた特徴点の各3次元座標の算出値を用いて、各物点の移動速度を算出する速度算出手段と、
各物点の3次元座標と前記移動速度の算出値とを用いて、各物点を同じ速度で移動するものにグループ分けし、最も構成点の多いグループの速度を前記移動体の速度として認識する速度認識手段とを具備して成る速度計測装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

この発明は、所定の通過経路を通過する移動体の速度を、画像処理の手法を用いて計測する技術に関連するもので、特に、複数の撮像手段を用いた3次元計測処理により移動体の空間位置の変化を追跡して、速度計測を行う技術に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

道路の交通流を計測するための装置として、出願人は、先般、3次元認識およびパターンマッチングの手法を用いて、道路上における車輛の位置を認識し、その位置の変化により、車輛の速度や通過台数などを認識する方法を提案した(特開平9-33232号)。この方法では、複数台のテレビカメラにより道路上の観測位置を撮像し、各カメラからの画像上で抽出された車輛の特徴点を画像間で対応づけて3次元計測処理を実施した後、この3次元計測結果を道路に沿う仮想平面上に投影し、さらにこの投影部分に対し複数種の2次元モデルを用いたマッチング処理を行って、各車輛の位置を認識する。さらに各画像取り込み時毎に認識された車輛位置を時間軸上で対応づけることにより、各車輛の動きが追跡され、速度計測が行われる。

30

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

この時間軸上での車輛位置の対応づけは、具体的には、前記マッチング処理により検出された車輛位置について、一段階前に得られた検出位置の中で最も近い位置にあり、かつその距離が所定のしきい値内にある検出位置に対応づけるというものである。しかしながらこの方法では、マッチング処理による車種の認識結果を考慮せずに、時間軸上における各車輛検出位置間の距離のみを用いて対応づけを行っているため、対応づけを誤る可能性があり、速度の計測値の精度が悪くなるという問題が生じている。

40

【0004】

この発明は上記問題点に着目してなされたもので、所定の時間間隔を隔てて得られた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけした後、これら時間軸上で対応する特徴点の示す各3次元座標を用いて、移動体の動きを正しくとらえることにより、その移動速度を精度良く計測することを技術課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

請求項1, 2の各発明は、複数の撮像手段を移動体の通過経路に向けて配備し、各撮像手段からの画像データを取り込んで、前記通過経路上の移動体の速度を計測する方法に関する。

50

【0006】

請求項1の発明にかかる速度計測方法は、各撮像手段より同じタイミングで取り込まれた各画像間で、移動体の同じ物点を表す特徴点を対応づけて、前記物点の3次元座標を算出するとともに、少なくともいずれか1個の撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で前記移動体の同じ物点を表す特徴点を対応づけした後、これら時間軸上で対応する特徴点の示す各3次元座標を用いて前記移動体の速度を計測する。さらに、各物点の3次元座標と移動速度とを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するものにグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度を認識する。

【0007】

請求項2の発明にかかる速度計測方法では、請求項1の発明と同様の3次元の算出処理や時間軸上での特徴点の対応づけ処理を行った後、前記移動速度に代えて空間内における各物点の移動ベクトルを特定する。そして各物点の3次元座標と特定された移動ベクトルとを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で同じ方向に移動するものにグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度および進行方向を認識する。

10

【0008】

請求項3の発明は、所定の通過経路を通過する移動体上に、複数の撮像手段を、それぞれその移動体より外側の所定方向に向けて配備し、各撮像手段からの画像データを取り込んで、前記移動体の速度を計測する方法であって、各撮像手段より同じタイミングで取り込まれた各画像間で同じ物点を表す特徴点同士を対応づけて、各物点の3次元座標を算出するとともに、少なくともいずれか1個の撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけした後、これら時間軸上で対応する特徴点の各3次元座標を用いて各物点の速度を計測する。さらに、各物点の3次元座標と移動速度とを用いて、各物点を、同じ速度で移動するものにグループ分けし、最も構成点の多いグループの速度を前記移動体の速度として認識する。

20

【0009】

請求項4の発明にかかる速度計測装置は、請求項1の方法を実施するための装置であって、移動体の通過経路に向けて配備された複数の撮像手段と、各撮像手段からの画像を入力するための画像入力手段と、前記画像入力手段より画像が入力される都度、各入力画像上の移動体を表す特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、同じタイミングで入力された各画像間で、前記特徴点抽出手段により抽出された各特徴点の中から同じ物点を表す特徴点を対応づけする対応づけ手段と、前記対応づけ手段により対応づけられた各特徴点の2次元座標を用いて、これら特徴点の表す物点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、少なくともいずれか1つの撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけする第2の対応づけ手段と、第2の対応づけ手段により時間軸上で対応づけられた特徴点の各3次元座標の算出値を用いて、前記移動体の速度を算出する速度算出手段と、各物点の3次元座標と前記移動速度の算出値とを用いて、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するものにグループ分けして、前記通過経路上の各移動体の速度を認識する速度認識手段とを具備している。

30

【0010】

請求項5の発明の装置は、請求項4の速度算出手段に代えて、第2の対応づけ手段により時間軸上で対応づけられた特徴点の各3次元座標の算出値を用いて、物点毎に、空間内におけるその物点の移動ベクトルを特定する移動ベクトル特定手段を具備する。そして速度認識手段は、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で同じ方向に移動するものにグループ分けして、通過経路上の各移動体の速度を認識するように構成される。

40

【0011】

請求項6の発明では、請求項3の方法を実施するための装置として、所定の通過経路上を移動する移動体に、それぞれこの移動体より外側の所定方向に向けて取り付けられる複数の撮像手段と、各撮像手段からの画像を入力するための画像入力手段と、前記画像入力手段より画像が入力される都度、各入力画像上の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、同じタイミングで入力された各画像間で、前記特徴点抽出手段により抽出された各特徴点の中

50

から前記物体の同じ物点を表す特徴点を対応づけする対応づけ手段と、前記対応づけ手段により対応づけられた各特徴点の2次元座標を用いて、これら特徴点の表す物点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、少なくともいずれか1つの撮像手段について、所定の時間間隔をおいて取り込まれた画像間で同じ物点を表す特徴点を対応づけする第2の対応づけ手段と、第2の対応づけ手段により時間軸上で対応づけられた特徴点の各3次元座標の算出値を用いて、各物点の移動速度を算出する速度算出手段と、各物点の3次元座標と前記移動速度の算出値とを用いて、各物点を同じ速度で移動するものにグループ分けし、最も構成点の多いグループの速度を前記移動体の速度として認識する速度認識手段とを具備する装置を構成する。

【0012】

【作用】

請求項1および4の発明では、各撮像手段から画像を取り込む都度、これら画像上に共通に表れる物点の3次元座標が算出される。同時に、同じ撮像手段に所定の時間間隔をおいて得られた画像上で、同じ物点を表す特徴点が対応づけられ、これら対応づけられた各特徴点の示す3次元座標により、各物点の移動速度が算出される。そしてこれら物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するものにグループ分けすることにより、通過経路上の移動体の速度を認識することができる。

同じ移動体上の物点は、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するはずであるから、この発明によれば、通過経路上に複数の移動体が存在しても、各移動体を精度良く切り分けて、その移動速度を正確に計測することができる。

【0013】

請求項2および5の発明では、時間軸上で対応づけられた各特徴点の示す3次元座標を用いて、物点毎に、空間内におけるその物点の移動ベクトルを特定した後、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ方向に同じ速度で移動するものにグループ分けし、各移動体の移動速度および進行方向を認識するようにしたから、通過経路が複数方向に分岐するような地点においても、各移動体を精度良く切り分けて、それぞれの移動速度を認識することが可能となる。

【0014】

請求項3および6の発明において、移動体側に配備された複数の撮像手段により移動体の外側の所定方向を撮像した場合、各画像には、移動経路近傍の静止物体や移動経路の境界ラインなど、空間内の位置が不動の物点にかかる特徴点が多数含まれると考えられる。また、これら静止物体にかかる物点は、移動体から見て同じ速度で移動するから、各物点を移動速度に基づきグループ分けすると、静止物体に対応するグループが最も構成点の多いグループになると考えることができる。

【0015】

よって、各画像を用いた3次元座標の算出処理や、時間軸上での物点の対応づけ処理を経て、各物点の移動速度を算出し、各物点を、同じ速度で移動するものにグループ分けし、最も構成点の多いグループの速度を前記移動体の速度として認識することにより、移動体の速度を精度良く計測することができる。

【0016】

【実施例】

図1は、この発明の一実施例にかかる車輛速度計測装置の設置例を示す。

この車輛速度計測装置は、道路RDの近傍にF形状の支柱3を配備して、この支柱2に2台のカメラ1a, 1bと制御装置2とを取り付けて構成されるもので、各カメラ1a, 1bにより道路RDを上方より撮像して得られた画像を制御装置2に取り込んで、道路RDの各車道毎に通過車輛の速度計測を行って、管理センターなどの外部にその計測結果を出力する。

【0017】

前記支柱3は、その横棧を道路上に突出されて配備されている。各カメラ1a, 1bは、焦点距離を同じくするレンズを有しており、支柱2の各横棧間に固定配備された支持部材

10

20

30

40

50

5により、道路1上方の所定位置に、光軸を斜め下方向に向けて縦並びに取り付けられている。なおこの実施例では、後記する対応づけ処理や3次元計測処理を簡単に行うために、各カメラ1a, 1bの光軸が道路の方向に向けて平行になり、かつ各撮像面が同一平面上に位置するように、それぞれの取り付け位置を調整している。

一方、制御装置2は、保守、点検などの必要から支柱2の基部付近に取り付けられる。

【0018】

なおこの実施例では、2台のカメラ1a, 1bにより道路RDを撮像しているが、これに限らず、3台以上のカメラを用いてもよい。またカメラ1a, 1bの配置は縦並びに限らず横並びにしても良い。またカメラ1a, 1bを取り付ける支柱も上記のF字型支柱3に限らず、既存の電信柱や照明柱などを改良して用いてもよい。

10

【0019】

図2は、上記の車輪速度計測装置の構成を示す。

前記制御装置2は、2個のA/D変換部6a, 6b, 画像メモリ7, メモリ8, 装置全体を制御するCPU9のほか、エッジ抽出部10, 対応づけ処理部11, 3次元計測部12, 車輪認識部13, 追跡処理部14, 速度計測部15の各処理部を、画像・データバス16を介して相互に接続して成る。

【0020】

前記A/D変換部6a, 6bは、それぞれカメラ1a, 1bからのアナログ量の画像信号をデジタル量の濃淡画像信号に変換する。エッジ抽出部10は、これらデジタル変換後の入力画像上で、車輪などの物体の輪郭を示すエッジ構成点を抽出し、各エッジ構成点を黒画素とする2値のエッジ画像を生成する。これら入力画像やエッジ画像は、それぞれ画像メモリ7内の個別の記憶エリア内に格納される。

20

【0021】

対応づけ処理部11は、前記各エッジ画像上のエッジ構成点(以下これを「特徴点」という)について、各画像上で空間内の同じ物点を表す特徴点同士を対応づけする。3次元計測部12は、対応づけられた特徴点の組毎に、各2次元座標を三角測量の原理にあてはめて、各特徴点の表す物点の3次元座標を算出する。

【0022】

前記特徴点の対応づけ処理、および3次元座標の計測処理は、後記するように、観測領域内に新たに出現した車輪を示す特徴点に対して行われる。車輪認識部13は、これら3次元座標を用いて各車輪の位置を個別に認識し、追跡処理部14は、以後の画像取り込み毎に、この認識された車輪の位置の変化を追跡する。各段階における車輪位置の認識結果は、車輪の先頭を表す物点など、所定の代表点の3次元座標により表されるもので、速度計測部15は、この車輪位置の変化を用いて各車輪の速度を算出し、その算出結果を、図示しない伝送部を介して外部へと出力する。

30

【0023】

つぎにこの制御装置2における詳細な処理手順について、順を追って説明する。

各カメラ1a, 1bは、図示しないタイミング制御部により、撮像動作が同期するように制御されており、各フレーム毎の画像データは、A/D変換部6a, 6bによりデジタル変換された後、画像メモリ7に格納される。

40

【0024】

エッジ抽出部10は、各カメラ1a, 1bからの入力画像上にラプラシアンフィルタなどのエッジ抽出用フィルタを走査して、ゼロクロッシング点を抽出する。さらにエッジ抽出部10は、前記ゼロクロッシング点の座標を算出して、この座標位置の画素を黒画素、他の画素を白画素とした2値のエッジ画像を生成する。

【0025】

図3(1)(2)は、前記カメラ1a, 1bから入力された画像の具体例であって、それぞれ道路上の車線, 車輪, 車輪の影などの画像を含む画像データが生成されている。

【0026】

図4(1)(2)は、前記図3(1)(2)に示した各入力画像 I_U , I_L について、そ

50

れぞれエッジ抽出処理を施して得られたエッジ画像 E_U , E_L を示すもので、それぞれ車輦や車輦の影の輪郭に相当するエッジ成分が抽出されている。

【0027】

上記のエッジ抽出処理が完了すると、以下、今回の入力画像 I_U , I_L 上に新たに出現した車輦の初期位置を認識する処理、および過去の処理により既に認識されている車輦の移動位置を認識する処理が実施される。

【0028】

まず新たな車輦の認識処理について説明する。この認識処理の対象となる特徴点は、各車線の車輦の進行方向に基づき定められる。車輦認識部13は、各画像 I_U , I_L に対し、図5に示すように、それぞれカメラ1a, 1bの視野が重なる領域内に入った直後の車輦が現れる位置に、所定大きさの検出エリア r_{U1} , r_{U2} , r_{L1} , r_{L2} を定め、各検出エリア r_{U1} , r_{U2} , r_{L1} , r_{L2} 毎に、それぞれエリア内で抽出された各特徴点について、各画像間で空間内の同じ物点を表す特徴点同士を特定し、両者を対応づけする。

【0029】

この対応づけ処理は、具体的には、いずれか一方のエッジ画像（ここでは上側のカメラ1aに対応するエッジ画像 E_U とする）上の前記検出エリア r_{U1} , r_{U2} 内にある所定の特徴点について、他方のエッジ画像 E_L 上での対応点を抽出するもので、図6(1)~(4)には、この対応づけ処理の具体的な方法が示されている。

【0030】

図示例は、検出エリア r_{U1} 内の特徴点Pに対応する特徴点Qを特定するもので、まず対応づけ処理部11は、エッジ画像 E_L 上に、前記特徴点PにかかるエピポーララインLを設定し、検出エリア r_{L1} 内においてこのエピポーララインL上に位置する各特徴点 $Q_1 \sim Q_5$ を、特徴点Pの対応候補点として抽出する。

なおこの場合、カメラ1a, 1bは、前記したように縦並びに配備されているので、エピポーララインLはx軸に垂直になり、対応候補点を容易に抽出することができる。

【0031】

つぎに対応づけ処理部11は、前記エッジ画像 E_U に対応する入力画像 I_U 上の点Pの位置 (x, y_U) に、この点Pを中心点とする所定の大きさのウィンドウ W_U を設定する。また前記エッジ画像 E_L に対応する第2の入力画像 I_L の前記対応候補点 $Q_1 \sim Q_5$ の位置にも、それぞれ、その点 $Q_1 \sim Q_5$ を中心点とし、前記ウィンドウ W_U と同じ大きさを有するウィンドウ $W_1 \sim W_5$ を設定する。

【0032】

各ウィンドウが設定されると、対応づけ処理部11は、入力画像 I_L 上の各ウィンドウ $W_1 \sim W_5$ についてそれぞれつぎの(1)式を実行し、各ウィンドウと前記ウィンドウ W_U との画像データの相違度DFを算出する。

なお、次式において、 $g_U(x, y)$ はウィンドウ W_U 内の所定の画素の輝度値を、 $g_L(x, y)$ はウィンドウ W_L ($L = 1 \sim 5$) 内の所定の画素の輝度値を、SZはウィンドウのサイズを、それぞれ示す。また i, j は、 $0 \sim SZ$ の範囲内で変動して、各ウィンドウ内の着目画素を特定するための変数である。

【0033】

【数1】

$$DF = \sum_{i=0}^{SZ} \sum_{j=0}^{SZ} \{g_L(x+i, y+j) - g_U(x+i, y+j)\}^2 \dots\dots(1)$$

【0034】

対応づけ処理部11は、各ウィンドウ $W_1 \sim W_5$ について求められたウィンドウ W_U との相違度DFを比較し、相違度が最も小さくなるウィンドウをウィンドウ W_U に対応するものとして判別する。そしてそのウィンドウの中心点 Q_L (図示例の場合 $L = 2$) を前記特徴点Pの対応点として決定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

なお上記の相違度の代わりに、各ウィンドウ $W_1 \sim W_5$ 毎にウィンドウ W_U との間の正規化相互相関演算を行い、最も高い相関値が得られたウィンドウをウィンドウ W_U に対応するものと判別するようにしてもよい。

【 0 0 3 6 】

上記の対応づけ処理が、抽出されたすべての特徴点について行われると、3次元計測部12は、対応する各特徴点 P, Q 毎に、これら特徴点の2次元座標を三角測量の原理にあてはめて、対応する物点の3次元座標を算出する。

【 0 0 3 7 】

図7は、上記の三角測量の原理を示す。

10

図中 R は、道路上の車輛16の所定の構成点を示すもので、各カメラ1a, 1bの撮像面 G_U, G_L 上にこの点 R の物点像 P, Q が現れている。

なお図中、 C_U はカメラ1aの焦点を、 C_L はカメラ3bの焦点を、それぞれ示す。

【 0 0 3 8 】

上記の物点像 P, Q が前記エッジ画像 E_U, E_L 間の対応する特徴点として現れるもので、各点上に対応する3次元座標は物点 R の空間位置に相当する。したがってこの対象物の代表的な物点について、その物点の画像上の結像位置を特定し、これら結像位置の2次元座標を用いて各物点の3次元座標を算出することにより、対象物の立体形状や空間位置を把握することができる。

【 0 0 3 9 】

20

図8(1)は、前記各カメラ1a, 1bの位置関係により決定される空間座標系(以下これを「ステレオ座標系」という)を示し、図8(2)は、実際の空間における各物点の位置を表すための空間座標系と上記ステレオ座標系との位置関係を示す。

【 0 0 4 0 】

図8(1)中、 $X_U, Y_U, Z_U, X_L, Y_L, Z_L$ で表される各空間座標系は、それぞれ各カメラ1a, 1bのカメラ座標系を示し、これらカメラ座標系の原点 C_U, C_L (前記焦点の位置)を結ぶ基線の中心点 O を原点としてステレオ座標系が設定される。なお前記したように、各カメラ1a, 1bは光軸を平行に配置されているから、各カメラ座標系およびステレオ座標系の各軸 $X_U, Y_U, Z_U, X_L, Y_L, Z_L, X, Y, Z$ は、互いに平行の位置関係にある。

30

【 0 0 4 1 】

各撮像面 G_U, G_L 上における2次元座標は、それぞれ対応するカメラ座標系の Z_U, Z_L 軸との交点位置を原点 o_U, o_L とし、撮像面の水平方向に x_U, x_L 軸が、垂直方向に y_U, y_L 軸が定められている。また実際の空間位置を表す座標系は、図8(2)に示すように、カメラ座標系の原点 O から路面上に下るした垂線の足を原点 O とし、道路の幅方向を X 軸、長さ方向を Z 軸、高さ方向を Y 軸として、定められる。

【 0 0 4 2 】

このような座標系の設定において、前記対応づけられた各特徴点 P, Q の2次元座標を $(x, y_U), (x, y_L)$ 、各カメラ3a, 3bの俯角を θ 、各カメラ座標系の原点 C_U, C_L 間の距離を B 、原点 O, O 間の距離を H とすると、各特徴点 P, Q により表される物点 R の3次元座標 (X, Y, Z) は、つぎの(2)~(4)式により算出される。

40

【 0 0 4 3 】

【 数 2 】

$$X = \frac{x}{y_L - y_U} B \cos \theta \quad \dots\dots(2)$$

【 0 0 4 4 】

【 数 3 】

$$Y = H + \frac{y_L}{y_L - y_U} B \cos \theta - \frac{B}{2} \cos \theta - \frac{F}{y_L - y_U} B \sin \theta \quad \dots\dots(3)$$

【 0 0 4 5 】

50

【数 4】

$$Z = \frac{y_L}{y_L - y_U} B \sin \theta - \frac{B}{2} \sin \theta + \frac{F}{y_L - y_U} B \cos \theta \dots\dots(4)$$

【0046】

このようにして、前記検出エリア r_{U1} , r_{U2} , r_{L1} , r_{L2} 内で抽出されたすべての特徴点に対応する3次元座標が算出されると、車輛認識部13は、各検出エリア r_{U1} , r_{U2} , r_{L1} , r_{L2} 毎に、算出された各3次元座標をクラスタリング処理して、各座標を車輛毎にグループ化する。そしてこのグループの中から車輛の先頭位置を示す座標を抽出し、その抽出位置をもって車輛位置とする。この車輛位置として抽出された物点の3次元座標は、メモリ8内に格納され、以後、画像入力毎に、その時点での車輛の移動位置を示す3次元座標が順次蓄積されて、車輛の軌跡データが生成される。

10

【0047】

なお車輛の認識処理は、クラスタリング処理に限らず、前述した特開平9-33232号公報に記載のように、各3次元座標を、それぞれ道路の長さ方向(すなわちZ軸方向)に沿う仮想垂直平面上に投影し、その投影結果を車輛の2次元モデルと照合する方法を用いてもよい。

【0048】

つぎに既に過去の処理により認識されている車輛について、その移動位置を追跡して速度を算出する処理を説明する。

いまある時点で、車輛の初期位置または移動位置が認識されると、いずれか一方の入力画像(ここではカメラ3aにより得られた入力画像 I_U とする)において、認識された車輛の位置に対応する特徴点(すなわち車輛の先頭位置を示す特徴点)の座標、およびこの特徴点を中心とする所定大きさの画像領域内の画像データ(以下これを「特徴画像M」という)が切り出され、追跡処理用のデータとしてメモリ8内に格納される。そして所定時間T経過後に、つぎの画像が入力されると、追跡処理部14は、この時点でのカメラ1aからの入力画像 I_{U_T} 上で、前記1フレーム前に認識された車輛の移動位置を特定した後、この特定された2次元上の車輛位置を3次元座標に変換する。

20

【0049】

図9は、入力画像 I_{U_T} 上において車輛の移動位置を特定するための具体的な方法を示す。この入力画像 I_{U_T} は、前記図3(1)の入力画像 I_U の入力から所定時間経過後に得られた画像であって、図中の点Aは、前記図3(1)の入力画像 I_U 上で車輛位置として特定された位置を示す。追跡処理部14は、この点Aの座標位置を基準に所定大きさの走査領域17を設定した後、その走査領域内に前記特徴画像Mを走査して、各走査位置毎に前記対応づけ処理と同様の(1)式を実行する。この結果、相違度DFが最も小さくなる走査位置において特徴画像Mの中心点に対応する点Aが、車輛の移動位置として認識される。

30

【0050】

入力画像 I_{U_T} 上において車輛の移動位置を示す点Aが特定されると、つぎに追跡処理部14は、この点Aの2次元座標 (x_T, y_T) を(5)~(7)式にあてはめて、前記点Aに対応する物点の3次元座標、すなわち空間内における車輛の移動位置 (X_T, Y_T, Z_T) を算出し、これをメモリ8内の軌跡データに追加する。

40

【0051】

なおこの(5)~(7)式は、車輛が移動しても、空間内における車輛の高さデータは変動しない点に着目してなされるもので、(5)(7)式の x , y は、それぞれ、入力画像上の x , y の各軸方向における1画素分の長さを示す。また各式中の Y_0 は、該車輛の画像が検出エリアに入った時点、すなわちこの車輛の3次元計測が認識可能となった時点で得られた車輛初期位置のY座標値である。この方法によれば、前記点Aについて、他方のカメラ1bからの入力画像 I_L 上での対応点を抽出することなく、3次元計測処理を実施することができるので、制御装置2の処理負担が削減される。したがって処理速度の遅い安価なシステム構成であっても、車輛速度の計測処理を高速化することが可能と

50

なる。

【 0 0 5 2 】

【 数 5 】

$$X_T = \frac{H + \frac{B}{2} \cos \theta - Y_0}{\alpha_y \cdot y_T \cos \theta + F \sin \theta} \alpha_x \cdot x_T \quad \dots\dots(5)$$

【 0 0 5 3 】

【 数 6 】

$$Y_T = Y_0 \quad \dots\dots(6)$$

10

【 0 0 5 4 】

【 数 7 】

$$Z_T = \frac{-\alpha_y \cdot y_T \sin \theta + F \cos \theta}{\alpha_y \cdot y_T \cos \theta + F \sin \theta} \left(H + \frac{B}{2} \cos \theta - Y_0 \right) - \frac{B}{2} \sin \theta \quad \dots\dots(7)$$

【 0 0 5 5 】

以下同様にして、画像入力の都度、カメラ 1 a からの入力画像を用いて、車輛の新たな移動位置が認識されるもので、速度計測部 1 5 は、各車輛毎に、1 段階前の車輛位置 (X_{T-1} , Y_{T-1} , Z_{T-1}) と今回求められた車輛位置 (X_T , Y_T , Z_T) とを、つぎの (8) 式にあてはめて、車輛の速度 S を算出する。

20

【 0 0 5 6 】

【 数 8 】

$$S = \frac{\sqrt{(X_T - X_{T-1})^2 + (Y_T - Y_{T-1})^2 + (Z_T - Z_{T-1})^2}}{T} \quad \dots\dots(8)$$

【 0 0 5 7 】

このように、入力画像上の車輛位置を時間軸上で正しく対応づけすることにより、対応づけられた各点の示す 3 次元座標をもって実際の空間における車輛の動きを正しくとらえることができるので、各車輛の速度を精度良く算出することができる。

【 0 0 5 8 】

なおここでは説明を簡単にするために、車輛位置として、車輛の先頭位置を示す 1 特徴点を抽出し、この先頭位置の変化により速度を算出しているが、認識精度を向上させるには、車輛のフロント部など所定の特徴形状を表す複数個の特徴点を認識対象とした方が良い。この場合、一方のカメラ 1 a からの毎時の入力画像を用いて認識対象の各特徴点の位置を時間軸上で追跡し、その移動位置を 3 次元座標に変換して各特徴点毎の速度を算出した後、算出された各速度の平均値などをもって車輛の移動速度とすることになる。

30

【 0 0 5 9 】

また上記の方法では、まず 3 次元計測が可能な領域内に入った直後の車輛を認識して、その車輛の空間内の車輛位置を特定した後、順次同一車輛の移動位置を追跡するようにしているが、これに代えて、空間内を同じ速度で移動する物点を同一車輛として認識し、その共通の速度をもって車輛の移動速度とすることも可能である。

40

【 0 0 6 0 】

すなわち画像入力毎に、各入力画像 I_U , I_L 上のすべての特徴点について、前記した画像間の対応づけ処理を行った後、対応する特徴点の組毎に 3 次元座標値を求めておく。ついで一方の入力画像 I_U 上で、1 フレーム前の入力画像上の各特徴点と今回の入力画像上の特徴点とを対応づけし、これら時間軸上で対応する特徴点の組毎に、それぞれの 3 次元座標の算出値を前記 (8) 式にあてはめて、空間内を移動する各物点の速度を算出する。この後、各物点を、それぞれの 3 次元座標と移動速度とを用いて、所定距離範囲内にありかつ所定の誤差範囲内の速度で移動する物点毎にグループ分けすることにより、各車輛の物点を切り分けて認識できるのである。

50

【0061】

なおこのように画像上の各物点の速度を求める場合にも、各入力画像上に新たに出現した物点についてのみ、各入力画像間で特徴点を対応づけした後、その結果を前記(2)~(4)にあてはめて3次元座標を算出し、その後は、一方の画像上で特徴点の位置を追跡して、その追跡結果を前記(5)~(7)式にあてはめることにより3次元座標を算出するようにすれば、速度計測処理を高速化することができる。

【0062】

また上記の移動速度に代えて、各物点毎に、その3次元座標の推移から空間内における移動ベクトルを特定するようにしてもよい。この場合、各物点は、各移動ベクトルの方向および長さを比較することにより、所定距離範囲内にあり、かつ空間内を同じ方向に同じ速度で移動する物点毎に切り分けて認識される。これにより交差点など、車輛の移動方向が複数方向に分岐する地点でも、各車輛の進行方向と移動速度とを、精度良く計測することができる。

10

なお前記したように、車輛上の各物点の高さは、移動に関わらず常に一定であるから、前記移動ベクトルの比較は、X軸方向とZ軸方向においてのみ行えばよい。

【0063】

つぎに、車輛速度計測装置の他の例を説明する。

この速度計測装置は一車輛に取り付けられて、その車輛や前方車輛の速度を算出するためのものである。

【0064】

図10は、速度計測装置の設置例を示すもので、車輛19の前面位置に、2台のカメラ20a, 20bが収容されたカメラボックス21が取り付けられるとともに、車体内部にこれらカメラからの画像を処理して速度計測を実施するための制御装置22が配備される。なお図中、25は、計測結果などを送信するためのアンテナである。

20

【0065】

各カメラ20a, 20bは、前記実施例と同様、光軸を平行かつ撮像面をカメラボックス21外の同一平面上に位置させた状態で、カメラボックス21内に固定配備されており、車輛走行中に同一タイミングで動作して、車輛19の前方位置の画像データを生成する。

【0066】

図11は、いずれか一方のカメラからの入力画像を示すもので、車輛の前方位置にある静止物体24や、前方車輛の画像23が現れている。

30

制御装置22は、このような画像上で、静止物体24や車輛23を表す特徴点を抽出し、これら特徴点の座標により前記した実施例と同様の3次元計測処理や速度計測処理を実施して、空間内の各物点毎に自車輛から見た移動速度を算出する。

【0067】

上記のように、道路上を走行する車輛から前方位置を撮像して、その画像上のエッジを抽出すると、図12に示すように、前記静止物体24や道路の境界ラインなど、空間内の位置が不動の物点にかかる特徴点が、多数、抽出される。また前記車輛よりこれら静止物体の特徴点を観測して得られた移動速度は、自車輛の移動速度に相当するものと考えられる。

40

【0068】

制御装置22は、上記原理に基づき、前記抽出された各物点をその速度に応じてクラスタリングし、最も構成点の多いクラスタの速度を、静止物体の移動速度、すなわち自車輛の速度として認識する。またその他のクラスタに分類された特徴点は、空間内の位置データに基づいてさらにグループ化され、各グループ毎の速度により、自車輛の前方にある車輛の各速度が切り分けて認識される。なおこの前方車輛の速度は、自車輛に対する相対速度として算出されるものであって、実際の速度が自車輛より遅い場合は負の値をとり、自車輛より速い速度の場合は正の値をとる。

【0069】

このような方法により、前方車輛の速度を精度良く計測することが可能となるので、車間

50

距離や衝突の危険度の認識を正確に行うことができ、高速道路における車輛の走行速度の自動制御などに有効な速度計測装置を提供することができる。

【0070】

なお上記の各実施例は、いずれも車輛を計測対象としたが、この発明は、これに限らず、セキュリティシステムにおける人間の移動速度や、工場の製造ラインや物流システムにおける物体の移動速度を計測する際にも、適用することができる。

【0071】

【発明の効果】

請求項1, 4の発明では、3次元座標の算出値を時間軸上で対応づけて物点毎の移動速度を求めた後、これら物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ速度で移動するものにグループ分けすることにより、通過経路上の移動体の速度を認識するので、通過経路上に複数の移動体が存在しても、各移動体を精度良く切り分けて、その移動速度を正確に計測することができる。

10

【0072】

請求項2および5の発明では、各物点に対し、前記移動速度に代えて空間内における移動ベクトルを特定した後、各物点を、所定の距離範囲内の空間を同じ方向に同じ速度で移動する物点毎にグループ分けし、各移動体の移動速度および進行方向を認識するようにしたから、通過経路が複数方向に分岐するような地点においても、各移動体を精度良く切り分けて、それぞれの移動速度を認識することが可能となる。

【0073】

20

請求項3および6の発明では、移動体側に配備された複数の撮像手段により移動体の外側の所定方向を撮像し、3次元計測処理や時間軸上での3次元座標の対応づけ処理を経て物点毎の移動速度を求めた後、移動速度に基づくグループ分けにより静止物体に対応する物点のグループを抽出して、そのグループの移動速度を移動体の速度として認識するから、移動体の速度を精度良く計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例にかかる車輛速度計測装置の設置例を示す斜視図である。

【図2】図1の車輛速度計測装置の構成を示すブロック図である。

【図3】入力画像の一例を示す説明図である。

【図4】図3の各入力画像より生成されたエッジ画像を示す説明図である。

30

【図5】検出エリアの設定例を示す説明図である。

【図6】各画像間における特徴点の対応づけ処理の具体例を示す説明図である。

【図7】三角測量の原理を示す説明図である。

【図8】3次元計測処理にかかる各座標系の位置関係を示す説明図である。

【図9】入力画像上で車輛の移動位置を抽出する方法を示す説明図である。

【図10】第2の車輛速度計測装置の設置状態を示す斜視図である。

【図11】図10の車輛速度計測装置における入力画像の例を示す説明図である。

【図12】図11の入力画像から生成されたエッジ画像を示す説明図である。

【符号の説明】

1 a , 1 b , 2 0 a , 2 0 b カメラ

40

2 , 2 2 制御装置

1 0 エッジ抽出部

1 1 対応づけ処理部

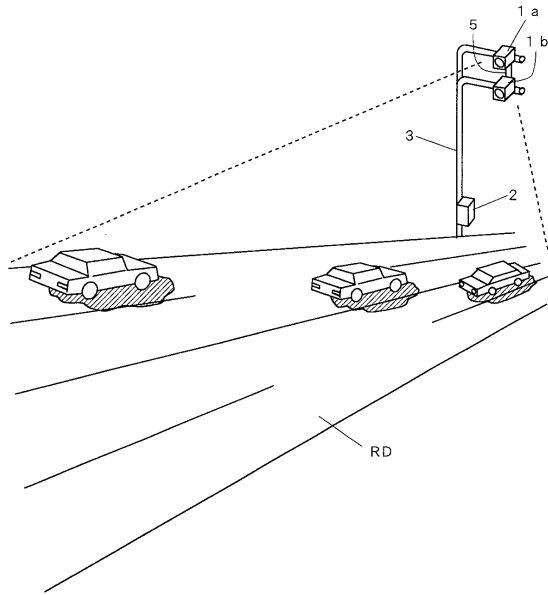
1 2 3次元計測部

1 3 車輛認識部

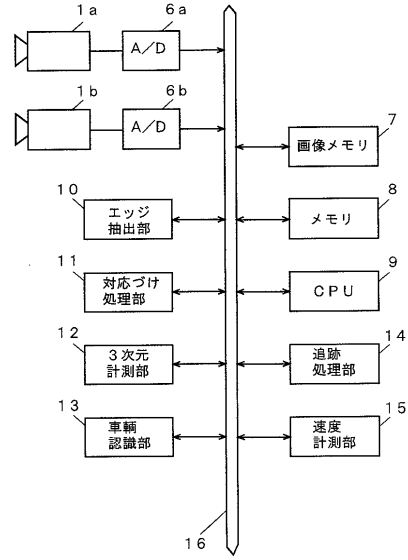
1 4 追跡処理部

1 5 速度算出部

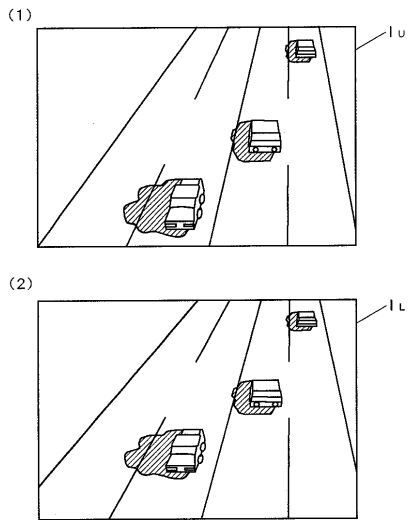
【図1】



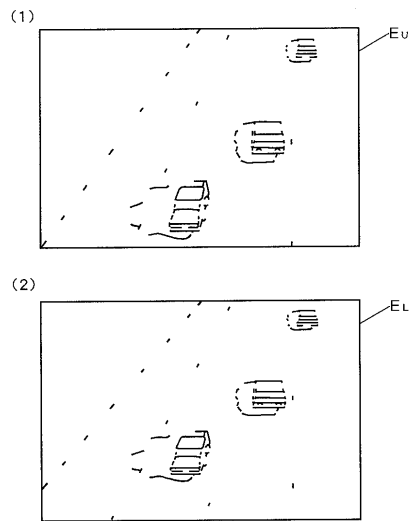
【図2】



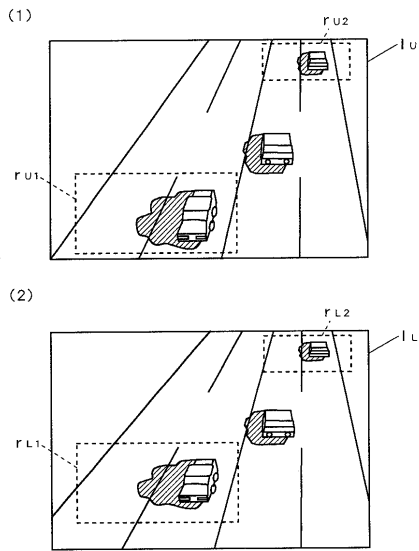
【図3】



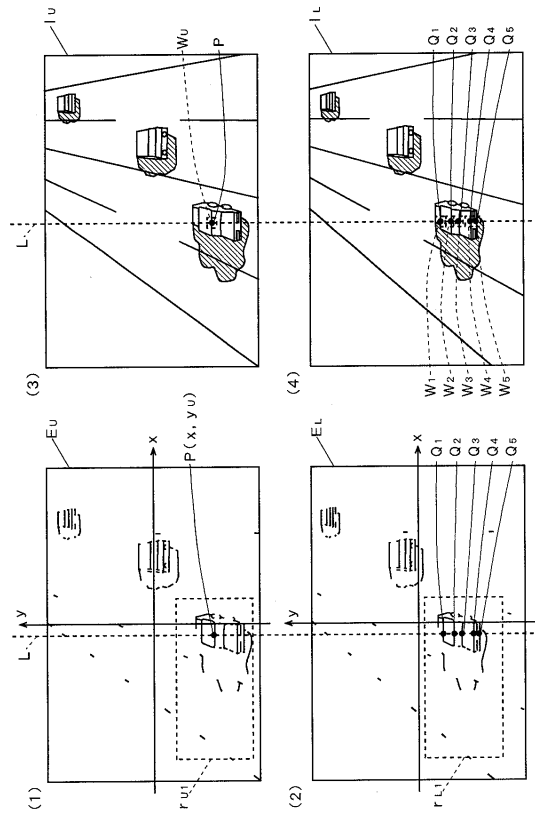
【図4】



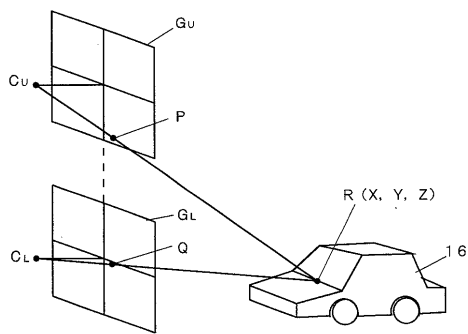
【 図 5 】



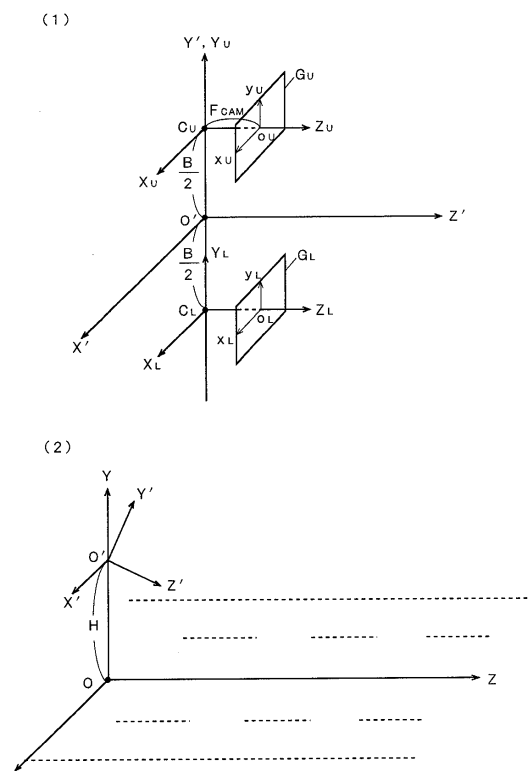
【 図 6 】



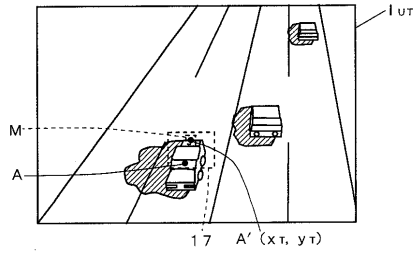
【 図 7 】



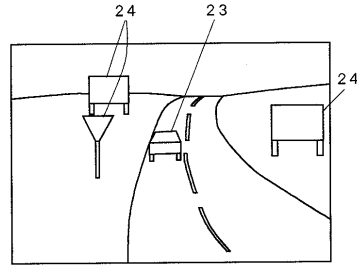
【 図 8 】



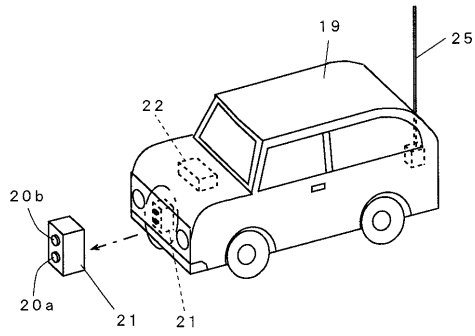
【 図 9 】



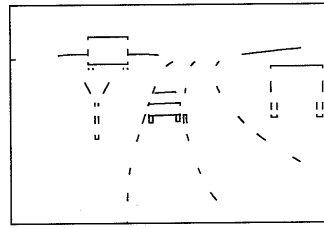
【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 210815 (JP, A)
特開平05 - 265547 (JP, A)
特開平09 - 185720 (JP, A)
特開平09 - 114987 (JP, A)
特開平09 - 33232 (JP, A)
特開平07 - 262375 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G06T 1/00 - 7/60

G01P 3/36 - 3/40