

明 細 書

発明の名称： 検知装置及び検知システム

技術分野

[0001] 本開示は、検知装置及び検知システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、車両の挙動を検知する技術が知られている。例えば、特許文献 1 には、道路を俯瞰する位置に設けられた撮像装置によって撮像された入力画像から車両候補を抽出し、車両候補の特徴点の変位から通常車両か逆走車両かを判定する車両監視装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 1 0－2 6 9 4 9 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に記載の車両監視装置は、車両の挙動を検知するために、画像処理によって、画像から車両の位置情報を算出する。カメラ等によって撮像された画像は、撮像環境の外乱の影響を受けやすい。このため、画像に基づいて得られた位置情報は、十分な精度を有しない場合がある。また、特許文献 1 に記載の車両監視装置は、特徴点の変位から走行方向を判断し、通常車両か逆走車両かを判定しているが、変位量が少ない場合等には、誤検知するおそれがある。本技術分野では、車両の挙動の検知精度を向上させることが望まれている。

[0005] 本開示は、車両の挙動の検知精度を向上可能な検知装置を説明する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一側面に係る検知装置は、予め設定された検知エリアにレーザ光を照射してレーザ光の反射光を受光することで点群情報を生成するレーザレーダを用いて、検知エリアにおける車両の検知対象の挙動である対象挙動を

検知するための装置である。検知装置は、点群情報を取得する取得部と、点群情報に基づいて、車両を検知する車両検知部と、車両検知部によって検知された車両が第1エリアから第2エリアに移動したことによって、対象挙動を検知する挙動検知部と、を備える。第1エリア及び第2エリアは、検知エリアに含まれており、対象挙動に応じて設定される。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、車両の挙動の検知精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、一実施形態に係る検知装置を含む検知システムの構成を概略的に示す図である。

[図2]図2は、図1に示されるレーザレーダ及び車両情報取得装置の配置例を示す図である。

[図3]図3は、レーザレーダ及び車両情報取得装置の設置例を示す図である。

[図4]図4は、図1に示される検知装置のハードウェア構成を示す図である。

[図5]図5は、Uターンの検知を説明するための図である。

[図6]図6は、検知装置が行う検知方法の一連の処理を示すフローチャートである。

[図7]図7は、図6の車両挙動検知処理を詳細に示すフローチャートである。

[図8]図8は、図7の解析処理を詳細に示すフローチャートである。

[図9]図9は、図7の削除処理を詳細に示すフローチャートである。

[図10]図10は、管理テーブルの一例を示す図である。

[図11]図11は、右折の検知を説明するための図である。

[図12]図12は、逆走の検知を説明するための図である。

[図13]図13は、車線変更の検知を説明するための図である。

[図14]図14は、車線変更の誤検知を説明するための図である。

[図15]図15(a)～(c)は、車線変更の検知の変形例を説明するための図である。

[図16]図16は、図15(a)～(c)に示される変形例における解析処理

を詳細に示すフローチャートである。

[図17]図 17 は、指定通行区分違反の検知を説明するための図である。

[図18]図 18 は、逆走の検知の変形例を説明するための図である。

[図19]図 19 は、Uターンの検知の変形例を説明するための図である。

[図20]図 20 は、検知ラインを用いたエリアの通過を説明するための図である。

[図21]図 21 は、右折の検知の変形例を説明するための図である。

[図22]図 22 は、指定通行区分違反の検知の変形例を説明するための図である。

[図23]図 23 は、図 22 に示される変形例における解析処理を詳細に示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] [1] 実施形態の概要

本開示の一側面に係る検知装置は、予め設定された検知エリアにレーザ光を照射してレーザ光の反射光を受光することで点群情報を生成するレーザレーダを用いて、検知エリアにおける車両の検知対象の挙動である対象挙動を検知するための装置である。検知装置は、点群情報を取得する取得部と、点群情報に基づいて、車両を検知する車両検知部と、車両検知部によって検知された車両が第1エリアから第2エリアに移動したことによって、対象挙動を検知する挙動検知部と、を備える。第1エリア及び第2エリアは、検知エリアに含まれており、対象挙動に応じて設定される。

[0010] この検知装置では、レーザレーダによって生成された点群情報を用いて、車両が検知される。レーザ光の反射光に基づいて生成された点群情報は、光量及び天候等の影響を受けにくいので、点群情報に基づいて車両を高精度に検知することができる。また、上記検知装置では、検知された車両が第1エリアから第2エリアに移動したことで、対象挙動が検知される。このように、単位時間当たりの車両の移動量によらずに、第1エリアから第2エリアへの移動で対象挙動が検知されるので、対象挙動をより確実に検知することが

できる。その結果、車両の挙動の検知精度を向上させることが可能となる。

[0011] 車両検知部は、点群情報に基づいて、車両の位置を示す位置情報を算出してもよい。挙動検知部は、位置情報に基づいて、車両が第1エリアから第2エリアに移動したか否かを判定してもよい。この場合、車両の位置情報を用いることで、車両が第1エリアから第2エリアに移動したか否かの判定を簡易化することができる。

[0012] 挙動検知部は、第1エリアに車両の位置が含まれた後に、第2エリアに車両の位置が含まれた場合に、車両が第1エリアから第2エリアに移動したと判定してもよい。この場合、車両の位置が各エリアに含まれるか否かによって、車両が各エリアに存在したか否かが判定される。このため、第1エリアから第2エリアへの移動の判定を簡易化することができる。

[0013] 第1エリアに対して第1ラインが設定されてもよく、第2エリアに対して第2ラインが設定されてもよい。挙動検知部は、車両が第1ラインを超えた後に、車両が第2ラインを超えた場合に、車両が第1エリアから第2エリアに移動したと判定してもよい。この場合、車両が各ラインを超えたか否かによって、車両が各エリアに進入したか否かが判定される。このため、車両の速度によらずに車両が各エリアに進入したこと又は各エリアを通過したことを検知することができる。その結果、車両の挙動の検知精度をさらに向上させることが可能となる。

[0014] 検知エリアには、対象挙動に応じて第1エリアと第2エリアとの間に第3エリアがさらに設定されてもよい。挙動検知部は、車両が第1エリア、第3エリア、及び第2エリアの順に移動したことによって、対象挙動を検知してもよい。この場合、誤検知を減らすことができ、対象挙動の検知精度をさらに向上させることが可能となる。

[0015] 挙動検知部は、対象挙動が交通違反となる挙動である場合、対象挙動を行った車両を特定するための車両情報を外部装置に取得させる取得指令を出力してもよい。この場合、交通違反車両を特定するための車両情報が取得される。このため、例えば、交通違反車両の運転者に対して、違反点数の付与及

び罰金の徴収等を行うことができる。

[0016] 本開示の別の側面に係る検知システムは、上述の検知装置と、レーザレーダと、を備える。この検知システムは、上述の検知装置を備えているので、車両の挙動の検知精度を向上させることが可能となる。

[0017] [2] 実施形態の例示

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0018] 図1は、一実施形態に係る検知装置を含む検知システムの構成を概略的に示す図である。図2は、図1に示されるレーザレーダ及び車両情報取得装置の配置例を示す図である。図3は、レーザレーダ及び車両情報取得装置の設置例を示す図である。図4は、図1に示される検知装置のハードウェア構成を示す図である。

[0019] 図1に示される検知システム1は、対象地点における車両の挙動を検知するシステムである。より具体的には、検知システム1は、車両の対象挙動を検知する。対象地点は、監視対象となる道路上の場所（地点）である。対象地点としては、道路上の任意の場所が選択され得る。対象地点として、例えば、交差点、合流地点、及び道路の途中地点が選択される。車両の例としては、自動車及びバイクが挙げられる。

[0020] 対象挙動は、後述の検知エリアRdにおける車両の検知対象の挙動である。対象挙動には、（交通）違反走行が含まれる。違反走行としては、例えば、Uターン禁止エリアでのUターン、交差点における右折（又は左折）禁止エリアでの右折（又は左折）、道路において許可されている車両の通行方向と反対向きの走行（以下、「逆走」という）、車線変更禁止エリアでの車線変更、及び指定通行区分違反が挙げられる。検知システム1は、高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport Systems）に用いられる。検知システム1は、レーザレーダ2と、車両情報取得装置3（外部装置）と、出力装置4と、記憶装置5と、通信装置6と、検知装置10と、を備えている。

。

[0021] レーザレーダ2は、点群情報を生成する装置である。レーザレーダ2は、ライダー (LiDAR: Light Detection And Ranging)、又はLaser Range Finderとも称される。図2及び図3に示されるように、レーザレーダ2は、対象地点の近傍に設置されている。レーザレーダ2は、例えば、対象地点の上空に設けられる。レーザレーダ2は、地上に設置された支持部材7に固定されている。支持部材7は、例えば、交差点P付近の路側に設けられる。支持部材7は、例えば、路側に立設された支柱71と、支柱71の上端から道路を横断する方向に延びるアーム72と、を備えている。アーム72には、レーザレーダ2が取り付けられている。支持部材7は、例えば、電柱、及び倉庫の壁であってもよい。なお、図2等では、支持部材7の図示が省略されている。

[0022] レーザレーダ2は、照射可能範囲R_aに向けてレーザ光を照射し、照射したレーザ光の反射光を受光することにより点群情報を生成する。照射可能範囲R_aは、レーザレーダ2がレーザ光を照射可能な範囲であり、例えば150m程度の範囲である。照射可能範囲R_aは、検知エリアR_dを含む。検知エリアR_dは、照射可能範囲R_aのうちの監視対象となる領域である。点群情報は、照射可能範囲R_aに含まれる各計測点の計測点情報の集合である。

[0023] 計測点情報は、時刻情報、及び位置情報を含む。時刻情報は、位置情報で示される計測点に対して計測点情報を生成した（反射光を受光した）時刻を示す情報である。位置情報は、計測点の位置を示す情報である。位置には、ヨー角、ピッチ角、及び深度で表される極座標系が用いられてもよく、X座標、Y座標、及びZ座標の3次元座標系が用いられてもよい。各計測点の座標には、例えば、レーザレーダ2の設置位置を原点とした座標が用いられる。計測点情報は、反射強度情報をさらに含んでもよい。反射強度情報は、位置情報で示される計測点から、時刻情報で示される時刻に受光した反射光の強度を示す情報である。

[0024] レーザレーダ2は、レーザ光を用いて照射可能範囲R_aを主走査方向及び

副走査方向に走査する。照射可能範囲 R a へのレーザ光の照射によって得られる点群情報は、1 フレームと称される場合がある。照射可能範囲 R a へのレーザ光の照射は、所定の時間間隔で繰り返される。レーザレーダ 2 は、生成した点群情報を検知装置 10 に送信する。

[0025] 車両情報取得装置 3 は、検知装置 10 によって対象挙動を行ったと判定された車両を特定するための車両情報を取得する装置である。車両情報取得装置 3 は、例えば、自動速度違反取締装置である。車両情報としては、例えば、ナンバープレートの画像が用いられる。車両情報取得装置 3 は、検知装置 10 から車両位置情報とともに取得指令を受信すると、例えば、車両位置情報によって示される位置に存在する車両（取得対象の車両）のナンバープレートを含むように撮影を行い、ナンバープレートの画像を取得する。車両情報取得装置 3 は、監視範囲 R b に取得対象の車両が進入すると、当該車両を撮影する。監視範囲 R b は、車両情報取得装置 3 が撮影可能な範囲であり、数 m 程度である。

[0026] 車両情報取得装置 3 は、レーザレーダ 2 と同様に、支持部材 7 に固定されている。レーザレーダ 2 と車両情報取得装置 3 とは、同じ支持部材 7 に取り付けられてもよく、互いに異なる支持部材 7 に取り付けられてもよい。なお、図 2 等では、支持部材 7 の図示が省略されている。車両情報取得装置 3 は、車両情報を記憶装置 5 に送信し、車両情報を記憶装置 5 に記憶させてもよい。車両情報取得装置 3 は、通信装置 6 を介して公的機関、及び道路管理業者等に車両情報を送信してもよい。

[0027] 出力装置 4 は、注意、警告、及び指示を行う装置である。出力装置 4 は、例えば、表示板、及びスピーカを含む。出力装置 4 は、検知装置 10 から出力指令を受信すると、注意、警告、及び指示等を違反車両の運転者に向けて出力する。出力装置 4 は、周囲の歩行者等に向けて注意、警告、及び指示等を出力してもよい。

[0028] 記憶装置 5 は、各種情報を記憶する装置である。記憶装置 5 の例としては、ハードディスク装置、及び半導体メモリが挙げられる。記憶装置 5 に記憶

される各種情報としては、例えば、車両情報取得装置 3 によって取得された車両情報、後述する検知車両の検知時刻、位置、速度、及び大きさ（寸法）が挙げられる。車両情報取得装置 3 がビデオカメラを含む場合には、各種情報には、検知時刻を含む時間帯のビデオ動画が含まれてもよい。各種情報には、検知時刻を含む時間帯の点群情報が含まれてもよい。各種情報には、検知車両の移動軌跡（時系列の車両位置情報）が含まれてもよい。

[0029] 通信装置 6 は、道路脇に設置されている通信設備である。通信装置 6 は、例えば、路側機（ITS スポット）である。通信装置 6 は、検知システム 1 の外部の装置と通信を行う。外部の装置としては、車載器、サーバ装置、及び他のシステム等が挙げられる。通信装置 6 は、記憶装置 5 に記憶される各種情報と同様の情報を外部の装置に送信する。

[0030] 検知装置 10 は、レーザレーダ 2 を用いて、検知エリア R d における車両の挙動を検知するための装置である。検知装置 10 は、例えば、コンピュータ等の情報処理装置によって構成される。

[0031] 図 4 に示されるように、検知装置 10 は、物理的には、1 又は複数のプロセッサ 101、RAM (Random Access Memory) 及び ROM (Read Only Memory) 等の主記憶装置 102、ハードディスク装置等の補助記憶装置 103、キーボード等の入力装置 104、ディスプレイ等の出力装置 105、並びに、ネットワークインタフェースカード (NIC) 及び無線通信モジュール等のデータ送受信デバイスである通信装置 106 等のハードウェアを備えるコンピュータとして構成され得る。検知装置 10 の図 1 に示される各機能は、主記憶装置 102 等のハードウェアに 1 又は複数の所定のコンピュータプログラムを読み込ませることにより、1 又は複数のプロセッサ 101 の制御のもとで各ハードウェアを動作させるとともに、主記憶装置 102 及び補助記憶装置 103 におけるデータの読み出し及び書き込みを行うことで実現される。

[0032] 検知装置 10 は、機能的には、取得部 11 と、設定部 12 と、物体検知部 13（車両検知部）と、物体追跡部 14 と、挙動検知部 15 と、を備えてい

る。

- [0033] 取得部 11 は、レーザレーダ 2 から点群情報を取得する。取得部 11 は、取得した点群情報を物体検知部 13 に出力する。
- [0034] 設定部 12 は、検知エリア R d を示すエリア情報を取得する。例えば、検知装置 10 の入力装置 104 を用いてユーザが検知エリア R d を設定する。例えば、対象地点を模擬した 3 次元空間が出力装置 105 に表示され、ユーザが枠等によって検知エリア R d を設定する。例えば、検知エリア R d は、歩道を含まないように設定される。交差点及び道路には、信号機、支柱、電柱、及び高架等の固定物がある。これらの固定物は、監視対象外であるので、これらの固定物を除外するために、検知エリア R d の高さとして、所定の高さ以下の範囲が設定されてもよい。また、地面を除外するために、検知エリア R d の高さとして、所定の高さ以上の範囲が設定されてもよい。例えば、検知エリア R d の高さには、地表を基準として 20 cm 以上 500 cm 以下の範囲が設定されてもよい。設定部 12 は、設定された検知エリア R d を示すエリア情報を取得し、取得したエリア情報を物体検知部 13 に出力する。
- [0035] 物体検知部 13 は、点群情報に基づいて、車両を検知する。具体的には、物体検知部 13 は、取得部 11 から点群情報を受け取ると、設定部 12 から受け取ったエリア情報によって示される検知エリア R d 外に位置する計測点の計測点情報を点群情報から除外する。物体検知部 13 は、残った点群情報をクラスタリングする。つまり、物体検知部 13 は、検知エリア R d 内の複数の計測点のうち、近傍の計測点同士をつなぎ合わせ、クラスタ（塊）に分割する。物体検知部 13 は、得られたクラスタのそれぞれを単一の検知物体（車両及び人等）として検知する。
- [0036] 物体検知部 13 は、検知物体の寸法（幅、奥行き、及び高さ）及び位置を計算する。検知物体の位置は、検知物体の四隅（前方右端、前方左端、後方右端、及び後方左端）の座標でもよく、クラスタに含まれる計測点情報の位置の平均でもよく、検知物体の重心位置でもよい。検知物体の位置は、前方

右端及び前方左端の座標でもよく、レーザレーダ2から見て最も手前の計測点の座標でもよい。

[0037] 検知装置10では、車両の挙動が検知対象であるので、人及び鳥等の移動物体（非車両）を追跡する必要がない。このため、物体検知部13は、検知物体から非車両を除外する。具体的には、物体検知部13は、検知物体の大きさ（寸法）に基づいて、検知物体の分類を行う。ここでは、物体検知部13は、検知物体を車両と非車両とに分類する。物体検知部13は、例えば、検知物体の幅が1 m未満である場合、検知物体を非車両に分類し、検知物体の幅が1 m以上である場合、検知物体を車両に分類する。

[0038] 物体検知部13は、車両に分類した検知物体（以下、「検知車両」という。）について、検知結果を物体追跡部14に出力する。検知結果は、検知車両の寸法を示す寸法情報、検知車両の位置を示す車両位置情報、及び検知車両を検知した検知時刻を示す検知時刻情報を含む。検知時刻は、例えば、クラスタに含まれる各計測点の計測点情報が有する時刻情報によって示される時刻の平均時刻である。

[0039] 物体追跡部14は、検知車両を追跡し、追跡結果を生成する。つまり、物体追跡部14は、物体検知部13から検知結果を受け取ると、異なるフレーム（異なる検知時刻）において検知された検知車両に対し、車両ID（Identifier）の対応付けを行う。車両IDは、検知車両を一意に識別可能な識別情報である。具体的には、物体追跡部14は、検知車両の位置及び寸法、並びに、過去の観測結果から推定される速度及び角速度等に基づいて、現在のフレームにおいて検知された検知車両が、過去のフレームにおいて検知された検知車両のいずれかと対応しているかを判定する。

[0040] 物体追跡部14は、現在のフレームにおいて検知された検知車両が、過去のフレームにおいて検知された検知車両のいずれとも対応しないと判定した場合に、新規の検知車両として当該検知車両に新しい車両IDを付与する。物体追跡部14は、現在のフレームにおいて検知された検知車両が、過去のフレームにおいて検知された検知車両と対応すると判定した場合に、対応す

る検知車両に付与されている車両IDを現在のフレームにおいて検知された検知車両に付与する。物体追跡部14は、車両IDが付与されている検知車両のうち、長時間検知されていない検知車両について、車両IDを削除する。

- [0041] なお、複数の検知車両を追跡する（ID付けする）問題は、マルチターゲットトラッキング問題と称される。物体追跡部14は、公知のアルゴリズムを用いて、各検知車両を追跡する。公知のアルゴリズムとしては、SNN (Suboptimal Nearest Neighbor)、GNN (Global Nearest Neighbor)、及びJPDAF (Joint Probabilistic Data Association Filter) 等が挙げられる。物体追跡部14は、追跡結果を挙動検知部15に出力する。追跡結果は、車両ID、車両位置情報、及び検知時刻情報を含む。
- [0042] 挙動検知部15は、車両ID及び車両位置情報に基づいて、検知車両の対象挙動を検知する。挙動検知部15は、物体追跡部14から追跡結果を受け取ると、車両位置情報に基づいて、検知車両がエリアR_{in}（第1エリア）からエリアR_{out}（第2エリア）に移動したか否かを判定する。挙動検知部15は、例えば、エリアR_{in}に検知車両の位置が含まれた後に、エリアR_{out}に検知車両の位置が含まれた場合に、検知車両がエリアR_{in}からエリアR_{out}に移動したと判定する。挙動検知部15は、車両がエリアR_{in}からエリアR_{out}に移動したと判定したことによって、検知車両が対象挙動を行ったと判定する。エリアR_{in}及びエリアR_{out}は、検知エリアR_dに含まれており、対象挙動に応じて予め設定される。
- [0043] 対象挙動が交差点PにおけるUターンである場合のエリアR_{in}及びエリアR_{out}の設定を説明する。Uターンは、車両が進行方向を180度変えて反対方向に進むことであり、転回とも称される。図5に示されるように、交差点Pから延びる1つの道路TRは、交差点Pに進入する複数（ここでは、3つ）の車線（走行レーン）TL_{in}と、交差点Pから退出する複数（ここでは、2つ）の車線TL_{out}と、車線TL_{in}と車線TL_{out}との間に設けられた中央分離帯Cと、を有する。道路TRにおいて、すべての車線

T L i nに亘ってエリアR i nが設定され、すべての車線T L o u tに亘ってエリアR o u tが設定される。挙動検知部15による検知処理の詳細は後述する。挙動検知部15は、対象挙動を検知した場合、車両情報を取得するための取得指令を車両情報取得装置3に出力する。

[0044] 次に、検知装置10が行う検知方法について説明する。図6は、検知装置が行う検知方法の一連の処理を示すフローチャートである。図7は、図6の車両挙動検知処理を詳細に示すフローチャートである。図8は、図7の解析処理を詳細に示すフローチャートである。図9は、図7の削除処理を詳細に示すフローチャートである。図10は、管理テーブルの一例を示す図である。図6に示される一連の処理は、例えば、一定の時間ごとに実施される。

[0045] まず、取得部11が、レーザレーダ2から点群情報を取得する（ステップS01）。そして、取得部11は、取得した点群情報を物体検知部13に出力する。続いて、物体検知部13は、点群情報に基づいて、検知物体を検知する（ステップS02）。具体的には、物体検知部13は、取得部11から点群情報を受け取ると、設定部12から受け取ったエリア情報によって示される検知エリアR d外に位置する計測点の計測点情報を点群情報から除外する。そして、物体検知部13は、残った点群情報をクラスタリングし、得られたクラスタのそれぞれを単一の検知物体（車両及び人等）として検知する。そして、物体検知部13は、検知物体の寸法及び位置を計算する。

[0046] 続いて、物体検知部13は、検知物体を分類する（ステップS03）。具体的には、物体検知部13は、検知物体の大きさに基づいて、検知物体を車両と非車両とに分類する。そして、物体検知部13は、車両に分類した検知物体について、検知結果を物体追跡部14に出力する。

[0047] 続いて、物体追跡部14は、検知物体（検知車両）を追跡する（ステップS04）。具体的には、物体追跡部14は、物体検知部13から検知結果を受け取ると、現在のフレームにおいて検知された検知車両が、過去のフレームにおいて検知された検知車両のいずれとも対応しないと判定した場合に、新規の検知車両として当該検知車両に新しい車両IDを付与する。物体追跡

部14は、現在のフレームにおいて検知された検知車両が、過去のフレームにおいて検知された検知車両と対応すると判定した場合に、対応する検知車両に付与されている車両IDを現在のフレームにおいて検知された検知車両に付与する。そして、物体追跡部14は、追跡結果（車両ID、車両位置情報、及び検知時刻情報）を挙動検知部15に出力する。

[0048] 続いて、挙動検知部15は、車両挙動検知処理を実施する（ステップS05）。ステップS05の車両挙動検知処理では、図7に示されるように、挙動検知部15は、物体追跡部14から追跡結果を受け取ると、追跡結果に含まれる各車両IDについて、ステップS11～ステップS14の処理を行う。まず、挙動検知部15は、管理テーブルを更新する（ステップS11）。管理テーブルは、検知車両を管理するためのテーブルである。

[0049] 図10に示されるように、管理テーブルは、車両IDと、検知時刻情報と、第1進入情報と、第2進入情報と、を対応付けた挙動情報を管理している。検知時刻情報は、例えば、UNIX（登録商標）時間で表現され得る。UNIX（登録商標）時間は、1970年1月1日午前0時0分0秒から経過した秒数又はミリ秒数で表現した時刻である。例えば、図10に示される車両ID「1001」の検知時刻は、「1525915746550」で表される。第1進入情報は、車両IDによって示される検知車両がエリアRinに進入したか否かを示す情報である。第1進入情報が「0」である場合には、当該検知車両がエリアRinに進入していないことを示し、第1進入情報が「1」である場合には、当該検知車両がエリアRinに進入したことを示す。同様に、第2進入情報は、車両IDによって示される検知車両がエリアRoutに進入したか否かを示す情報である。第2進入情報が「0」である場合には、当該検知車両がエリアRoutに進入していないことを示し、第2進入情報が「1」である場合には、当該検知車両がエリアRoutに進入したことを示す。

[0050] 挙動検知部15は、追跡結果に含まれる車両IDを含む挙動情報が管理テーブルに存在しない場合には、当該車両IDを含む挙動情報を管理テーブル

に追加登録する。つまり、挙動検知部15は、新たな挙動情報を追加し、挙動情報の車両ID及び検知時刻情報として追跡結果に含まれる車両ID及び検知時刻情報を設定し、第1進入情報及び第2進入情報に「0」を設定する。挙動検知部15は、追跡結果に含まれる車両IDを含む挙動情報が管理テーブルに存在する場合には、当該挙動情報の検知時刻情報を追跡結果に含まれる検知時刻情報で上書き（更新）する。

[0051] 続いて、挙動検知部15は、解析処理を行う（ステップS12）。ステップS12の解析処理では、図8に示されるように、挙動検知部15は、まず、当該車両IDの挙動情報の第1進入情報を参照し、エリアRinに進入したことが登録済みであるか否かを判定する（ステップS21）。挙動検知部15は、エリアRinに進入したことが登録されていないと判定した場合（ステップS21；NO）、検知車両がエリアRin内に位置するか否かを判定する（ステップS22）。具体的には、挙動検知部15は、追跡結果に含まれる車両位置情報によって示される位置が、エリアRinに含まれるか否かを判定する。

[0052] 挙動検知部15は、検知車両がエリアRin内に位置すると判定した場合（ステップS22；YES）、第1進入情報にエリアRinへの進入を示す値（ここでは、「1」）を設定し（ステップS23）、ステップS12の解析処理を終了する。一方、ステップS22において、挙動検知部15は、検知車両がエリアRin内に位置しないと判定した場合（ステップS22；NO）、第1進入情報をそのまま（ここでは、「0」）にして、ステップS12の解析処理を終了する。

[0053] ステップS21において、挙動検知部15は、エリアRinに進入したことが登録されていると判定した場合（ステップS21；YES）、当該車両IDの挙動情報の第2進入情報を参照し、エリアRoutに進入したことが登録済みであるか否かを判定する（ステップS24）。挙動検知部15は、エリアRoutに進入したことが登録されていると判定した場合（ステップS24；YES）、当該車両IDによって示される検知車両が過去に違反車

両と判定済みであると判定し（ステップS 2 5）、ステップS 1 2の解析処理を終了する。

[0054] 一方、ステップS 2 4において、挙動検知部1 5は、エリアR o u tに進入したことが登録されていないと判定した場合（ステップS 2 4；N O）、検知車両がエリアR o u t内に位置するか否かを判定する（ステップS 2 6）。具体的には、挙動検知部1 5は、追跡結果に含まれる車両位置情報によって示される位置が、エリアR o u tに含まれるか否かを判定する。挙動検知部1 5は、検知車両がエリアR o u t内に位置すると判定した場合（ステップS 2 6；Y E S）、第2進入情報にエリアR o u tへの進入を示す値（ここでは、「1」）を設定し（ステップS 2 7）、検知車両が違反車両であると判定する（ステップS 2 8）。そして、挙動検知部1 5は、ステップS 1 2の解析処理を終了する。

[0055] 一方、ステップS 2 6において、挙動検知部1 5は、検知車両がエリアR o u t内に位置しないと判定した場合（ステップS 2 6；N O）、第2進入情報をそのまま（ここでは、「0」）にして、ステップS 1 2の解析処理を終了する。

[0056] 続いて、挙動検知部1 5は、ステップS 1 2において検知車両の挙動が違反であると判定された場合には（ステップS 1 3；Y E S）、検知車両の車両情報を取得するために、取得指令を車両位置情報とともに車両情報取得装置3に送信する（ステップS 1 4）。このとき、挙動検知部1 5は、違反車両に関する各種情報を記憶装置5及び通信装置6に送信してもよい。各種情報には、検知車両（違反車両）の検知時刻、位置、速度、及び大きさ（寸法）が含まれ得る。各種情報には、検知時刻を含む時間帯のビデオ動画が含まれてもよい。各種情報には、検知時刻を含む時間帯の点群情報、及び検知車両の移動軌跡（時系列の車両位置情報）が含まれてもよい。さらに、挙動検知部1 5は、違反車両に対して注意、警告、及び指示を行うための出力指令を出力装置4に送信してもよい。挙動検知部1 5は、ステップS 1 2において検知車両の挙動が違反であると判定されなかった場合には（ステップS 1

3 ; NO)、取得指令を車両情報取得装置3に送信しない。

[0057] そして、挙動検知部15は、追跡結果に含まれるすべての車両IDを処理したか否かを判定する(ステップS15)。挙動検知部15は、すべての車両IDを処理したわけではないと判定した場合には(ステップS15; NO)、次の車両IDについて、ステップS11～ステップS15を再び実行する。一方、挙動検知部15は、すべての車両IDを処理したと判定した場合には(ステップS15; YES)、挙動情報の削除処理を行う(ステップS16)。

[0058] ステップS16の削除処理では、図9に示されるように、挙動検知部15は、管理テーブルに登録されている各挙動情報について、ステップS31及びステップS32の処理を行う。まず、挙動検知部15は、現在の時刻と挙動情報に含まれている検知時刻情報によって示される検知時刻との差を計算し、その差が予め設定された閾値以上であるか否かを判定する(ステップS31)。閾値は、例えば、車両が検知エリアRdを通過するのに要する平均時間よりも大きい値に設定されている。挙動検知部15は、差が閾値以上であると判定した場合(ステップS31; YES)、当該挙動情報の車両IDによって示される車両が検知エリアRdから退出したとみなして、当該挙動情報を管理テーブルから削除する(ステップS32)。一方、挙動検知部15は、差が閾値未満であると判定した場合(ステップS31; NO)、当該挙動情報を管理テーブルから削除しない。

[0059] そして、挙動検知部15は、管理テーブルに登録されているすべての挙動情報を処理したか否かを判定する(ステップS33)。挙動検知部15は、すべての挙動情報を処理したわけではないと判定した場合には(ステップS33; NO)、次の挙動情報について、ステップS31～ステップS33を再び実行する。一方、挙動検知部15は、すべての挙動情報を処理したと判定した場合には(ステップS33; YES)、車両挙動検知処理を終了する。以上により、検知装置10が行う検知方法の一連の処理が終了する。

[0060] そして、車両情報取得装置3は、検知装置10(挙動検知部15)から車

両位置情報とともに取得指令を受信すると、車両情報を取得する。具体的には、車両情報取得装置3は、車両位置情報によって示される位置に存在する車両が監視範囲R_bに進入すると、当該車両のナンバープレートを含むように撮影を行うことで、ナンバープレートの画像を取得する。そして、車両情報取得装置3は、車両情報を記憶装置5に送信し、車両情報を記憶装置5に記憶させるとともに、通信装置6を介して公的機関、及び道路管理業者等に車両情報を送信する。

[0061] このように、検知システム1及び検知装置10では、点群情報に基づいて検知された検知車両MがエリアR_{in}からエリアR_{out}に移動したことで、対象挙動が検知され、検知車両Mが違反車両であると判定される。そして、検知車両Mの車両情報が取得される。なお、ステップS25において、挙動検知部15は、検知車両が過去に違反車両と判定済みであると判定した場合に、必要に応じて、車両位置情報を車両情報取得装置3に送信してもよい。

[0062] なお、対象挙動は、Uターンに限られない。例えば、図11に示されるように、対象挙動は、右折が禁止されている交差点Pでの右折であってもよい。この場合、交差点Pから延びる1つの道路TR1において、交差点Pに進入するすべての車線TL_{in}に亘ってエリアR_{in}が設定され、右折先の道路TR2において、交差点Pから退出するすべての車線TL_{out}に亘ってエリアR_{out}が設定される。対象挙動は、左折が禁止されている交差点Pでの左折であってもよい。この場合、交差点Pから延びる1つの道路TR1において、交差点に進入するすべての車線TL_{in}に亘ってエリアR_{in}が設定され、左折先の道路TR3において、交差点Pから退出するすべての車線TL_{out}に亘ってエリアR_{out}が設定される。

[0063] 図12に示されるように、対象挙動は、逆走であってもよい。この場合、一方通行の道路TRにおいて、許可されている車両の通行方向に沿って、エリアR_{out}、及びエリアR_{in}がその順に設定される。つまり、エリアR_{in}とエリアR_{out}とは、その順で許可されている車両の通行方向とは反

対方向に配列される。エリアR i nとエリアR o u tとは、互いに離間している。エリアR i nとエリアR o u tとの離間距離は、一時的なバック走行を逆走として誤検知することを防止できる程度の距離であり、例えば10m程度である。

[0064] 図13に示されるように、対象挙動は、車線変更が禁止されているエリア（区間）での車線変更であってもよい。車線変更は、車両が1つの車線から別の車線に移動することである。この場合、1つの道路が、複数の車線を含み、複数の車線において許可されている通行方向が互いに同じであり、互いに隣り合う2つの車線の間には、車線変更の禁止を表す線（日本では黄色線）が設けられている。この場合、車線変更の禁止を表す線に沿って各エリアが設定される。

[0065] 図13に示される例では、1つの道路TRが、同じ通行方向を有する2つの車線TL1、TL2を含む。一方の車線TL1にエリアR i nが設定され、他方の車線TL2にエリアR o u tが設定される。これにより、一方の車線TL1から他方の車線TL2への車線変更が検知され得る。さらに、他方の車線TL2から一方の車線TL1への車線変更を含めて検知する場合には、他方の車線TL2に別のエリアR i nがさらに設定され、一方の車線TL1に別のエリアR o u tが設定されてもよい。又は、図8のフローチャートに代えて、挙動検知部15は、フレームごとに検知車両Mが存在するエリアを記録しておき、現在のフレームにおいて検知車両Mが存在するエリアが過去のフレームにおいて記録されたエリアと異なる場合に、車線変更を検知してもよい。

[0066] ところで、検知エリアR dにおいて、2つの車両が近接していると、物体追跡部14は物体追跡に失敗する場合がある。例えば、図14に示されるように、2つの車両が互いに異なる車線を並走している場合、2つの車両が近接した際に、物体追跡部14は検知車両M1、M2の対応付けを入れ違えてしまうことがある。このような場合、上記検知方法では、各車両は車線変更を行ったと判定され得る。

[0067] 図15(a)～(c)及び図16を参照して、このようなトラッキングミス(追跡ミス)による誤検知を低減するための変形例を説明する。図15(a)～(c)は、車線変更の検知の変形例を説明するための図である。図16は、図15(a)～(c)に示される変形例における解析処理を詳細に示すフローチャートである。この変形例では、物体検知部13は、車両位置情報として、検知車両Mの幅方向における2つの座標を用いる。物体検知部13は、例えば、検知車両Mの前方右端 f_r の座標と前方左端 f_l の座標とを車両位置情報として計算する。

[0068] 挙動検知部15は、検知車両Mがエリア R_{in} 内に存在するか、検知車両Mがエリア R_{in} 及びエリア R_{out} の両方に跨って存在する(「エリア $R_{in}+R_{out}$ 」と表記することとする。)か、検知車両Mがエリア R_{out} 内に存在するかを判定し、その遷移履歴から車線変更を検知する。図15(a)に示されるように、挙動検知部15は、前方右端 f_r 及び前方左端 f_l の座標がともにエリア R_{in} に含まれる場合には、検知車両Mはエリア R_{in} に存在すると判定する。図15(b)に示されるように、挙動検知部15は、前方右端 f_r がエリア R_{in} に含まれ、前方左端 f_l がエリア R_{out} に含まれる場合には、検知車両Mはエリア $R_{in}+R_{out}$ に存在すると判定する。図15(c)に示されるように、挙動検知部15は、前方右端 f_r 及び前方左端 f_l の座標がともにエリア R_{out} に含まれる場合には、検知車両Mはエリア R_{out} に存在すると判定する。

[0069] 図16に示されるように、本変形例の解析処理(ステップS12)では、挙動検知部15は、まず、検知車両Mが存在するエリアを判定する(ステップS41)。上述のように、挙動検知部15は、検知車両Mがエリア R_{in} 、エリア $R_{in}+R_{out}$ 、及びエリア R_{out} のいずれに存在するかを判定し、判定したエリアを管理テーブルに登録する。なお、本変形例の管理テーブルでは、挙動情報は、第1進入情報及び第2進入情報に代えて、検知車両Mが存在したエリアの履歴を含む。つまり、挙動検知部15は、当該検知車両Mの車両IDに対応する挙動情報の履歴に、判定したエリアを示す情報

を追加する。

[0070] 続いて、挙動検知部15は、検知車両MがエリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順に移動したか否かを判定する（ステップS42）。具体的には、挙動検知部15は、検知車両Mの車両IDに対応する挙動情報の履歴に、エリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順にエリアが登録されている場合には、検知車両MがエリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順に移動したと判定し（ステップS42；YES）、それ以外の場合には、エリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順に移動していないと判定する（ステップS42；NO）。

[0071] ステップS42において、検知車両MがエリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順に移動していないと判定された場合（ステップS42；NO）、挙動検知部15は、検知車両MがエリアR_{out}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{in}の順に移動したか否かを判定する（ステップS43）。ステップS42と同様に、挙動検知部15は、検知車両Mの車両IDに対応する挙動情報の履歴に、エリアR_{out}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{in}の順にエリアが登録されている場合には、検知車両MがエリアR_{out}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{in}の順に移動したと判定し（ステップS43；YES）、それ以外の場合には、エリアR_{out}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{in}の順に移動していないと判定する（ステップS43；NO）。

[0072] そして、検知車両MがエリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順に移動したと判定された（ステップS42；YES）か、検知車両MがエリアR_{out}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{in}の順に移動したと判定された（ステップS43；YES）場合に、挙動検知部15は、検知車両Mが車線変更したと判定し（ステップS44）、ステップS12の解析処理を終了する。一方、検知車両MがエリアR_{in}、エリアR_{in}+R_{out}、及びエリアR_{out}の順に移動したと判定されず（ステッ

プS 4 2 ; NO)、かつ、検知車両MがエリアR o u t、エリアR i n + R o u t、及びエリアR i nの順に移動したと判定されなかった(ステップS 4 3 ; NO)場合に、挙動検知部1 5は、ステップS 1 2の解析処理を終了する。

[0073] 車両位置情報として、検知車両Mの1つの位置(例えば、幅方向の中心点)のみが用いられた場合、車両の一部が一時的に隣の車線にはみ出したとしても、車線変更と判定される可能性がある。これに対して、上記変形例では、検知車両Mの存在エリアに、エリアR i n及びエリアR o u tの両方に跨ったエリアR i n + R o u tが含まれることで、追跡ミスによる誤判定の可能性を低減することが可能となる。

[0074] なお、物体検知部1 3は、検知車両Mのサイズに応じて、検知車両Mを自動車かバイクかにさらに分類してもよい。車両がバイクである場合、車両の幅が小さいので、エリアR i n + R o u tに車両が存在している状態が検知されない可能性がある。そこで、挙動検知部1 5は、ステップS 4 2では、検知車両MがエリアR i n、及びエリアR o u tの順に移動したか否かを判定し、ステップS 4 3では、検知車両MがエリアR o u t、及びエリアR i nの順に移動したか否かを判定してもよい。このように、挙動検知部1 5は、検知車両Mの種別に応じて、車線変更の判定条件を変更してもよい。

[0075] 車線変更の検知対象となる道路は、2車線を有する道路に限られず、3車線以上の複数の車線を有する道路であってもよい。2車線間の車線変更と同様にして、複数車線における車線変更を検知することができる。

[0076] 対象挙動は、指定通行区分違反であってもよい。指定通行区分違反は、車両が標識等で指定された方向以外に走行することである。例えば、車両が右折専用レーンから直進した場合には、指定通行区分違反となる。この場合、交差点に進入する車線のそれぞれにエリアR i nが設定され、交差点から退出する車線のそれぞれにエリアR o u tが設定される。例えば、図1 7に示されるように、交差点Pから延びる1つの道路T R 1において、右折専用レーンにエリアR i n 1が設定され、直進左折レーンにエリアR i n 2が設定

される。また、当該道路TR1に対して右折先の道路TR2にエリアRoute1が設定され、直進先の道路TR3にエリアRoute2が設定され、左折先の道路TR4にエリアRoute3が設定される。

[0077] 挙動検知部15は、検知車両Mが進入したエリアRinとエリアRouteとの組み合わせにより、指定通行区分違反を検知する。図17の例では、挙動検知部15は、検知車両MがエリアRin1からエリアRoute2又はエリアRoute3に移動した場合に、指定通行区分違反と判定する。挙動検知部15は、検知車両MがエリアRin2からエリアRoute1に移動した場合に、指定通行区分違反と判定する。このように、検知システム1及び検知装置10では、指定通行区分違反を検知することも可能である。

[0078] 以上説明したように、検知システム1及び検知装置10では、レーザレーダ2によって生成された点群情報を用いて、検知車両Mが検知される。レーザレーダ2は、時間帯（朝及び夜）による光量の変化、天候（雨天、降雪、及び濃霧）の変化、並びに太陽光及びヘッドライト等の強い光の入光といった環境の外乱の影響を受けにくい。また、レーザレーダ2は、レーザレーダ2と物体との距離を数cm程度の誤差で計測することができる。このため、検知システム1及び検知装置10では、検知車両Mの位置を高精度に検知することができる。

[0079] また、検知システム1及び検知装置10では、検知車両MがエリアRinからエリアRouteに移動したことで、対象挙動が検知される。このように、単位時間当たりの車両の移動量によらずに、エリアRinからエリアRouteへの移動で対象挙動が検知されるので、対象挙動をより確実に検知することができる。例えば、エリアRinを交差点の入口、エリアRouteを交差点の出口に設定しておくことで、交差点を直進したか、右折したか、左折したかを確実に検知することができる。その結果、車両の挙動の検知精度を向上させることが可能となる。

[0080] また、検知システム1及び検知装置10では、検知車両Mの車両位置情報を用いて、エリアRinからエリアRouteへの移動が判定される。車両位

置情報を用いることで、検知車両MがエリアR i nからエリアR o u tに移動したか否かの判定を簡易化することができる。具体的には、車両位置情報によって示される検知車両Mの位置がエリアR i n内に位置するか否かで、検知車両MがエリアR i nに進入したか否かを判定することができる。同様に、車両位置情報によって示される検知車両Mの位置がエリアR o u t内に位置するか否かで、検知車両MがエリアR o u tに進入したか否かを判定することができる。つまり、1フレームの車両位置情報に基づいて、エリアR i n及びエリアR o u tへの進入を判定できるので、当該判定に要する処理負荷を軽減することが可能となる。

[0081] 挙動検知部15は、エリアR i nに検知車両Mの位置が含まれた後に、エリアR o u tに検知車両Mの位置が含まれた場合に、検知車両MがエリアR i nからエリアR o u tに移動したと判定する。このように、検知車両Mの位置が各エリアに含まれるか否かによって、検知車両Mが各エリアに存在したか否かが判定される。このため、エリアR i nからエリアR o u tへの移動の判定を簡易化することができる。

[0082] 挙動検知部15は、対象挙動が交通違反となる挙動である場合、対象挙動を行った車両を特定するための車両情報を車両情報取得装置3に取得させる取得指令を出力する。これにより、違反車両を特定するための車両情報が取得される。このため、例えば、違反車両の運転者に対して、違反点数の付与及び罰金の徴収等を行うことができる。また、違反車両を特定することによって、違反車両の運転者に警告を与えることができる。逆走のような危険度の高い運転に対しては、運転指示を行うことができる。運転指示の例としては、「逆走しているので直ちにUターンせよ」等が挙げられる。

[0083] レーザレーダ2は、照射可能範囲R a（検知エリアR d）に対してレーザ光を繰り返し照射するので、検知車両Mの位置を経時的に検知することができる。レーザレーダ2は、カメラ等と比較して、検知エリアR dが広いので、複数のレーザレーダ2を設置する必要がない。レーザレーダ2は、交差点内のような見通しの良い空間でも計測することができる。

- [0084] なお、挙動検知部15は、車両位置情報によって示される位置がエリアRin内に含まれていたフレーム数によって、検知車両MがエリアRinに滞在していた滞在時間を算出してもよい。例えば、挙動検知部15は、右折車両の右折待ち時間を算出することができ、右折待ち時間の統計情報を得ることが可能となる。同様に、挙動検知部15は、検知車両MがエリアRoutに滞在していた滞在時間を算出してもよい。また、交差点P内を1つのエリアとして設定することで、挙動検知部15は、検知車両Mが交差点Pに滞在していた滞在時間を算出することができ、複数の検知車両Mの交差点Pにおける平均滞在時間を算出することもできる。
- [0085] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。
- [0086] 例えば、上記実施形態では、検知装置10は、1つの装置として構成されているが、2以上の装置で構成されてもよい。検知装置10は、レーザレーダ2を備えていてもよい。レーザレーダ2が検知装置10の機能を有する情報処理装置を備えていてもよい。
- [0087] 交差点は、T字路でもよい。対象地点は、交差点でなくてもよい。対象地点は、2以上の道路が合流する合流地点でもよく、ビル等の施設の出口と道路との合流地点でもよい。対象地点は、道路の途中地点でもよい。対象地点は、一般道に設定されてもよく、高速道路に設定されてもよい。
- [0088] 対象挙動は、交通違反となる挙動（走行）に限られない。例えば、対象挙動は、Uターンが禁止されていないエリアでのUターン、右折（又は左折）が禁止されていないエリアでの右折（又は左折）、車線変更が禁止されていないエリアでの車線変更、通常走行、及び進路変更等でもよい。通常走行は、道路（車線）において許可されている車両の通行方向に沿った走行である。この場合、一方通行の道路において、許可されている車両の通行方向に沿って、エリアRin、及びエリアRoutがその順に設定される。進路変更は、道路が延びる方向に対して斜めに向いて進行することである。進路変更は、車線変更を含む。進路変更に対しても、車線変更と同様にエリアRin

及びエリア R o u t が設定される。これらの場合、検知システム 1 は、対象挙動を行った車両の数等の統計情報を取得する。検知システム 1 は、車両情報取得装置 3 を備えていなくてもよい。

[0089] レーザレーダ 2 及び車両情報取得装置 3 の配置は、各図に示された配置に限られない。例えば、図 1 2 では、車両情報取得装置 3 は、逆走車両を前方から撮影する。車両の後方にもナンバープレートが設けられているので、車両情報取得装置 3 は、逆走車両を後方から撮影可能なように設けられてもよい。また、逆走車両を前方から撮影可能な車両情報取得装置 3 と、逆走車両を後方から撮影可能な車両情報取得装置 3 と、が両方設けられていてもよい。

[0090] レーザレーダ 2 として、全周囲方向にレーザ光を照射できるタイプの 3 次元レーザレーダが用いられてもよい。例えば、対象挙動が、交差点における U ターンである場合、交差点の 4 つの道路における U ターンを検知することが可能となる。対象挙動が右折である場合、交差点から延びる複数の道路からの右折を検知することが可能となる。また、検知システム 1 及び検知装置 1 0 は、単一のレーザレーダ 2 で、複数種類の対象挙動を検知してもよい。これらの場合、単一のレーザレーダ 2 で、複数の車両の挙動を検知することができるので、レーザレーダ 2 の数を低減することが可能となる。

[0091] 検知システム 1 は、単一のレーザレーダ 2 を備えているが、検知システム 1 は、複数のレーザレーダ 2 を備えていてもよい。この場合、検知装置 1 0 は、複数のレーザレーダ 2 によって生成された点群情報を結合して使用してもよい。この構成では、死角が少なくなるので、検知の確実性を向上させることが可能となる。

[0092] 車両情報取得装置 3 は、速度違反取締装置に限られず、高解像度を有するビデオカメラでもよい。車両情報取得装置 3 は、夜間に対応するために、撮影用の光源（フラッシュ装置、又はストロボ装置ともいう。）をさらに備えていてもよい。車両情報取得装置 3 は、例えば、通信装置 6 と車載器とによる無線通信によって、車両情報（ナンバープレートに記載された情報等）を

取得してもよい。

- [0093] 車両情報取得装置 3 が取得する車両情報は、ナンバープレートの画像に限られない。車両情報は、車両の運転者の顔写真でもよい。車両情報は、例えば、運転免許証情報等の電子的な情報であってもよい。
- [0094] 違反車両の走行先にゲート（遮断機）が設置されている場合、検知装置 10 は、違反車両が物理的に走行できなくするために、ゲートを封鎖するように制御してもよい。例えば、高速道路には ETC（Electronic Toll Collection System）ゲートが設けられているので、挙動検知部 15 は、ETC ゲートを封鎖するように制御してもよい。この場合、違反車両の走行を妨害することができ、違反走行を阻止することができる。
- [0095] 検知システム 1 及び検知装置 10 が、違反車両の走行制御システムに介入できる場合、違反車両を安全に停止させてもよい。
- [0096] 対象挙動が U ターンである場合、挙動検知部 15 は、交差点中心と検知車両 M の U ターン時の軌跡との最小距離、及び U ターン開始位置を計算してもよい。挙動検知部 15 は、これらの情報を検知車両 M に関する各種情報に含めて、各種情報を記憶装置 5 及び通信装置 6 に送信してもよい。U ターン開始位置は、検知車両 M がエリア R_{in} を退出したときの検知車両 M の位置である。車両が交差点の中心近くまで深く進入して U ターンした場合、及び中央分離帯から離れた位置から U ターンを開始した場合等では、危険度が高い。このため、上記情報をさらに追加することで、例えば、危険度が高い U ターンを行った運転者に高いペナルティを与えることができる。
- [0097] 検知装置 10 は、緊急車両のサイレン音、又は緊急車両の座標情報（GPS（Global Positioning System）情報）に基づいて、緊急車両が対象地点に接近しているか否かを判定する判定部をさらに備えてもよい。例えば、車線変更禁止エリアであっても、緊急車両に進路を譲る場合には、車線変更が認められる。このため、挙動検知部 15 は、緊急車両が対象地点を通行したことを示す情報を、検知車両 M に関する各種情報に追加して、各種情報を記憶装置 5 及び通信装置 6 に送信してもよい。挙動検知部 15 は、緊急車両が

対象地点を通行している間の検知車両Mに関する各種情報を、記憶装置5及び通信装置6に送信しなくてもよい。

[0098] 方向指示器によって進行方向の指示を出すことなく、右左折、又は車線変更を行うことは、交通違反（合図不履行違反）である。この交通違反を検知するために、検知システム1は、ビデオカメラ等の撮像装置をさらに備えてもよい。撮像装置は、撮像画像を検知装置10に送信する。挙動検知部15は、撮像画像を解析することで、検知車両Mが進行方向の指示を出しているか否かを判定する。そして、挙動検知部15は、右左折、又は車線変更を行った検知車両Mが進行方向の指示を出していないと判定した場合、検知車両Mを違反車両と判定してもよい。

[0099] 挙動検知部15は、連続する2以上のフレームにおいて、検知車両MがエリアR_{in}に存在する場合に、検知車両MがエリアR_{in}に進入したと判定してもよい。フレーム数は、検知車両MがエリアR_{in}を通過するのに通常要する時間を考慮して設定される。他のエリアについても同様である。この場合、誤検知を低減することが可能となる。

[0100] 逆走を検知する対象となる道路は、1車線の道路でなくともよく、複数の車線を有する道路であってもよい。許可されている通行方向が互いに同じ車線には、共通のエリアR_{in}及びエリアR_{out}が設定される。図18に示される例では、中央分離帯Cによって道路TRが2車線と3車線とに分離されている。2車線において許可されている通行方向は互いに同じ方向（図18の下から上に向かう方向）であり、3車線において許可されている通行方向は互いに同じ方向（図18の上から下に向かう方向）である。この場合、2車線に対して、エリアR_{in}1及びエリアR_{out}1が、その順で2車線において許可されている通行方向と反対方向に配列される。同様に、3車線に対して、エリアR_{in}2及びエリアR_{out}2が、その順で3車線において許可されている通行方向と反対方向に配列される。この構成では、レーザレーダ2の数を増やすことなく、許可されている通行方向が異なる車線の逆走を検知することができる。

- [0101] 上記実施形態では、挙動検知部15は、検知車両MがエリアR_{in}内に位置した後に、検知車両MがエリアR_{out}内に位置したことによって、検知車両MがエリアR_{in}からエリアR_{out}に移動したと判定しているが、エリアR_{in}からエリアR_{out}への移動の判定方法はこれに限られない。例えば、検知エリアR_dには、エリアR_{in}とエリアR_{out}との間に、1以上の中間エリア（第3エリア）がさらに設定されてもよい。中間エリアは、対象挙動を行う車両が通過（進入）するエリアである。この場合、挙動検知部15は、検知車両MがエリアR_{in}、1以上の中間エリア、及びエリアR_{out}の順に移動したことによって、対象挙動を検知する。この構成では、追跡ミス等によって検知車両MがエリアR_{in}又はエリアR_{out}に存在したと判定されたとしても、検知車両Mがさらに中間エリアにも存在したと判定されなければ、対象挙動が検知されない。したがって、誤検知を低減することができ、対象挙動の検知精度をさらに向上させることが可能となる。
- [0102] 図19～図21に示されるように、複数の検知ラインが用いられてもよい。図19は、Uターンの検知の変形例を説明するための図である。図20は、検知ラインを用いたエリアの通過を説明するための図である。図21は、右折の検知の変形例を説明するための図である。
- [0103] 図19に示される例では、検知ラインL_{in}（第1ライン）と、検知ラインL_{out}（第2ライン）と、検知ラインL_{m1}と、検知ラインL_{m2}と、検知ラインL_{m3}と、が設定されている。検知ラインL_{in}は、エリアR_{in}に対応して設定された線分である。検知ラインL_{in}は、例えば、エリアR_{in}と交差点Pとの境界（例えば、停止線）に設けられる。検知ラインL_{out}は、エリアR_{out}に対応して設定された線分である。検知ラインL_{out}は、例えば、エリアR_{out}と交差点Pとの境界に設けられる。検知ラインL_{m1}は、交差点P内のエリアR_{m1}に対応して設定された線分である。検知ラインL_{m2}は、交差点P内のエリアR_{m2}に対応して設定された線分である。検知ラインL_{m3}は、交差点P内のエリアR_{m3}に対応して設定された線分である。エリアR_{m1}～R_{m3}は、交差点P内に設定され、エ

リアR i nからエリアR o u tに向けて車両がUターンする場合に通過するエリアである。エリアR m 1、エリアR m 2、及びエリアR m 3は、その順にエリアR i nからエリアR o u tに向かって円弧状に配列されている。

[0104] この場合、挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインを超えたか否かを判定することで、検知車両Mが検知ラインに対応するエリアを通過（又はエリアに進入）したか否かを判定する。挙動検知部15は、前回（時刻 $t-1$ ）のフレーム及び現在（時刻 t ）のフレームにおける車両位置情報によって示される検知車両Mの位置を用いて、検知ラインを超えたか否かを判定する。具体的には、図20に示されるように、挙動検知部15は、前回のフレームにおける検知車両Mの位置 $p(t-1)$ が検知ラインLによって隔てられた2つの空間の一方側に位置し、現在のフレームにおける検知車両Mの位置 $p(t)$ が他方側に位置する場合に、検知車両Mが検知ラインLを超えたと判定する。言い換えれば、車両位置情報が検知車両Mの重心位置を示す場合、連続する2つのフレームにおける検知車両Mの重心位置を結ぶ線分 L_g が、検知ラインLと交差する場合に、挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインLを超えたと判定する。

[0105] 図21に示される例では、検知ラインL i nと、検知ラインL o u tと、検知ラインL m 1と、検知ラインL m 2と、が設定されている。エリアR m 1及びエリアR m 2は、交差点P内に設定され、エリアR i nからエリアR o u tに向けて車両が右折する場合に通過するエリアである。エリアR m 1及びエリアR m 2は、その順にエリアR i nからエリアR o u tに向かって円弧状に配列されている。各検知ラインは、その検知ラインに対応するエリアを検知車両Mが通過したことを検知するために、当該対応するエリアの下流に設けられてもよく、当該対応するエリアに検知車両Mが進入したことを検知するために、当該対応するエリアの上流に設けられてもよい。なお、検知車両Mがエリアを通過するためには、検知車両Mが当該エリアに進入する必要がある。このため、挙動検知部15は、エリアの通過を検知した際に、検知車両Mが当該エリアに進入したことを示すように、当該エリアの進入情

報を設定してもよい。あるいは、進入情報に代えて、検知車両Mがエリアを通過したか否かを示す通過情報が用いられてもよい。

[0106] このように、エリアR i nに対して検知ラインL i nが設定され、エリアR o u tに対して検知ラインL o u tが設定される。また、エリアR i nとエリアR o u tとの間に位置する中間のエリアに対しても検知ラインが設定される。挙動検知部15は、検知車両Mが各検知ラインを超えたか否かを判定し、検知車両Mが各検知ラインを超えた場合に、検知車両Mがその検知ラインに対応するエリアを通過した（又はエリアに進入した）と判定する。例えば、挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインL i nを超えた場合に、検知車両MがエリアR i nを通過したと判定し、検知車両Mが検知ラインL o u tを超えた場合に、検知車両MがエリアR o u tに進入したと判定する。

[0107] 上記実施形態では、車両位置情報によって示される位置がエリアR i nに含まれる場合に、検知車両MがエリアR i nに進入したと判定される。この判定方法では、検知車両MがエリアR i nを通過したとしても、検知車両MがエリアR i nに進入したことが検知されないことがある。例えば、検知車両Mの速度が速い場合及びエリアR i nの設定範囲が狭い場合等には、検知車両MがエリアR i nに進入しても、エリアR i n内において検知車両Mが検知されないことがある。一方、上記変形例では、検知ラインを用いて、エリアへの進入（又はエリアの通過）を判定するので、検知車両Mの速度、及び各エリア（エリアR i n及びエリアR o u t）の設定範囲に関係なく、検知車両Mが各エリアに進入したこと（又は各エリアを通過したこと）を検知することができる。また、検知車両Mの移動軌跡が複雑であっても、検知車両Mが各エリアに進入したことを検知することができる。

[0108] 左折、通常走行、逆走、車線変更、及び指定通行区分違反等の他の車両の挙動についても、検知ラインLを用いたエリアへの進入（通過）判定が行われてもよい。いずれの場合も、少なくとも2本の検知ラインL（例えば、検知ラインL i n及び検知ラインL o u t）が設定されていればよい。3本以

上の検知ラインLが設定されることで、誤検知を低減することができ、対象挙動の検知精度をさらに向上させることが可能となる。

[0109] 車線変更では、エリアR_{in}とエリアR_{out}との境界に沿って、1本の検知ラインが設定されてもよい。この場合、挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインを超えた場合に、車線変更を検知する。

[0110] 挙動検知部15は、検知ラインとエリアとを用いて、検知車両MがエリアR_{in}からエリアR_{out}に移動したか否かを判定してもよい。図22及び図23を用いて具体的に説明する。図22は、指定通行区分違反の検知の変形例を説明するための図である。図23は、図22に示される変形例における解析処理を詳細に示すフローチャートである。

[0111] 図22に示される例では、検知ラインL_{in}が設定されている点において、図17に示される例と主に相違する。検知ラインL_{in}は、エリアR_{in1}、R_{in2}に対応して設定された線分である。検知ラインL_{in}は、右折専用レーン及び直進左折レーンの停止線に沿って設定されている。

[0112] 図23に示されるように、本変形例の解析処理（ステップS12）では、挙動検知部15は、まず、検知車両Mが前回のフレームまでに検知ラインL_{in}を超えたか否かを判定する（ステップS51）。なお、本変形例の管理テーブルでは、第1進入情報は、車両IDによって示される検知車両が検知ラインL_{in}を超えた場合に、「1」に設定され、第2進入情報は、車両IDによって示される検知車両がエリアR_{out1}～R_{out3}（出口エリア）のいずれかに位置した場合に、「1」に設定される。挙動検知部15は、当該検知車両Mの車両IDに対応する挙動情報の第1進入情報を参照し、エリアR_{in}に進入したことが登録済みであるか否かを判定する。

[0113] 挙動検知部15は、エリアR_{in}に進入したことが登録されておらず、検知車両Mが前回のフレームまでに検知ラインL_{in}を超えていないと判定した場合（ステップS51；NO）、前回のフレームから現在のフレームまでの間に検知車両Mが検知ラインL_{in}を超えたか否かを判定する（ステップS52）。挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインL_{in}を超えたと判

定した場合（ステップS 5 2 ; Y E S）、進入レーンを特定する（ステップS 5 3）。

[0114] 具体的には、挙動検知部1 5は、車両位置情報によって示される検知車両Mの位置に基づいて、進入レーンを特定する。例えば、挙動検知部1 5は、前回のフレームにおける検知車両Mの位置がエリアR i n 1に含まれる場合に、進入レーンが右折専用レーンであると判定する。同様に、挙動検知部1 5は、前回のフレームにおける検知車両Mの位置がエリアR i n 2に含まれる場合に、進入レーンが直進左折レーンであると判定する。挙動検知部1 5は、検知車両Mの位置の軌跡と検知ラインL i nとの交点座標を計算し、交点座標から進入レーンを特定してもよい。

[0115] そして、挙動検知部1 5は、特定した進入レーンを管理テーブルに登録する。なお、本変形例の管理テーブルでは、挙動情報は、進入レーンを示す情報と、出口エリアを示す情報と、をさらに含む。つまり、挙動検知部1 5は、当該検知車両Mの車両I Dに対応する挙動情報に、特定した進入レーンを示す情報を設定する。そして、挙動検知部1 5は、ステップS 1 2の解析処理を終了する。一方、ステップS 5 2において、挙動検知部1 5は、検知車両Mが検知ラインL i nを超えていないと判定した場合（ステップS 5 2 ; N O）、ステップS 1 2の解析処理を終了する。

[0116] ステップS 5 1において、挙動検知部1 5は、エリアR i nに進入したことが登録されており、検知車両Mが前回のフレームまでに検知ラインL i nを超えたと判定した場合（ステップS 5 1 ; Y E S）、エリアR o u t 1 ~ R o u t 3のいずれかに進入したか否かを判定する（ステップS 5 4）。具体的には、挙動検知部1 5は、検知車両Mの位置が、エリアR o u t 1 ~ R o u t 3のいずれかに含まれるか否かを判定することで、エリアR o u t 1 ~ R o u t 3のいずれかに進入したか否かを判定する。挙動検知部1 5は、検知車両がエリアR o u t 1 ~ R o u t 3のいずれかに進入したと判定した場合（ステップS 5 4 ; Y E S）、当該検知車両Mの車両I Dに対応する挙動情報の第2進入情報にエリアR o u tへの進入を示す値（ここでは、「1

」)を設定するとともに、検知車両Mが進入した出口エリアを示す情報を設定する。

[0117] 続いて、挙動検知部15は、管理テーブルを参照し、出口エリアが進入レーンの指定通行区分と合致するか否かを判定する(ステップS55)。なお、挙動検知部15には、交差点のレーン情報が予め設定されている。レーン情報は、交差点から延びている各車線の指定通行区分に関する情報を含む。挙動検知部15は、出口エリアが進入レーンの指定通行区分と合致しないと判定した場合(ステップS55; NO)、検知車両Mが指定通行区分違反であると判定する(ステップS56)。そして、挙動検知部15は、ステップS12の解析処理を終了する。

[0118] 一方、挙動検知部15は、ステップS54の判定において、検知車両がエリアRout1~Rout3のいずれにも進入していないと判定した場合(ステップS54; NO)、又は、ステップS55の判定において、出口エリアが進入レーンの指定通行区分と合致していると判定した場合(ステップS55; YES)、ステップS12の解析処理を終了する。

[0119] 例えば、車両が停止線を超える前に、右折専用レーンから直進左折レーンに車線変更して、その後停止線を越えて直進する場合がある。このような場合、図17に示される例では、いずれのレーンから停止線を越えて交差点P内に進入したのかを判別できない可能性がある。これに対し、上記変形例では、例えば、検知車両Mの位置の軌跡と検知ラインLinとの交点座標が計算され、交点座標から進入レーンが特定される。これにより、進入レーンを精度よく特定することができる。その結果、指定通行区分違反の検知精度を向上させることが可能となる。

[0120] なお、エリアRout1~Rout3に検知ラインLout1~Lout3がそれぞれ設定されてもよく、挙動検知部15は、検知ラインLout1~Lout3を用いて、ステップS54の処理を行ってもよい。また、検知ラインLinに代えて、エリアRin1及びエリアRin2に対応する検知ラインLin1及び検知ラインLin2がそれぞれ設定されてもよい。

符号の説明

- [0121] 1 検知システム
2 レーザレーダ
3 車両情報取得装置（外部装置）
4 出力装置
5 記憶装置
6 通信装置
10 検知装置
11 取得部
12 設定部
13 物体検知部（車両検知部）
14 物体追跡部
15 挙動検知部
L i n 検知ライン（第1ライン）
L m 1, L m 2, L m 3 検知ライン
L o u t 検知ライン（第2ライン）
M, M 1, M 2 検知車両
R d 検知エリア
R i n エリア（第1エリア）
R m 1, R m 2, R m 3 エリア（第3エリア）
R o u t エリア（第2エリア）