

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2019-207655
(P2019-207655A)

(43) 公開日 令和1年12月5日(2019.12.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 8 G 1/017 (2006.01)	G 0 8 G 1/017	5 C 0 8 6
G 0 8 G 1/04 (2006.01)	G 0 8 G 1/04 A	5 C 0 8 7
G 0 1 S 17/88 (2006.01)	G 0 1 S 17/88	5 H 1 8 1
G 0 8 B 21/00 (2006.01)	G 0 8 B 21/00 J	5 J 0 8 4
G 0 8 B 25/04 (2006.01)	G 0 8 B 21/00 K	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2018-103934 (P2018-103934)	(71) 出願人	000000099
(22) 出願日	平成30年5月30日 (2018. 5. 30)		株式会社 I H I
			東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号
		(74) 代理人	100088155
			弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100176245
			弁理士 安田 亮輔
		(74) 代理人	100171583
			弁理士 梅景 篤
		(72) 発明者	藤澤 翔太
			東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会
			社 I H I 内
		最終頁に続く	

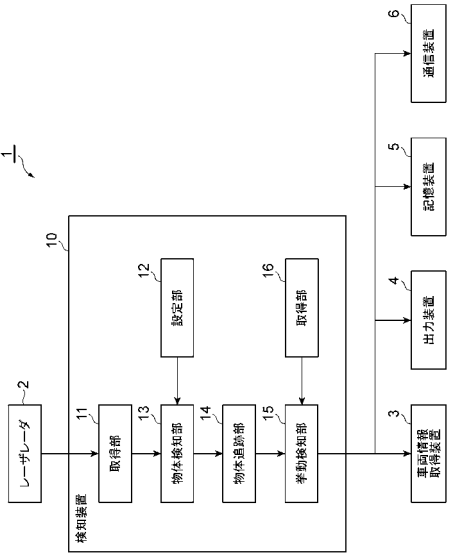
(54) 【発明の名称】 検知装置及び検知システム

(57) 【要約】

【課題】 信号無視の検知精度を向上可能な検知装置を提供する。

【解決手段】 検知装置は、レーザレーダを用いて、信号無視を検知する装置であって、点群情報を取得する第 1 取得部と、点群情報に基づいて、物体を検知する物体検知部と、物体検知部によって検知された物体を追跡し、追跡結果を生成する物体追跡部と、信号機の信号状態を示す信号情報を取得する第 2 取得部と、追跡結果及び信号情報に基づいて、物体の信号無視を検知する挙動検知部と、を備え、挙動検知部は、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したと判定した場合に、物体が信号無視を行ったと判定する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

信号機が設けられた交差点に設定された検知エリアにレーザ光を照射して前記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、信号無視を検知する検知装置であって、

前記点群情報を取得する第 1 取得部と、

前記点群情報に基づいて、物体を検知する物体検知部と、

前記物体検知部によって検知された前記物体を追跡し、追跡結果を生成する物体追跡部と、

前記物体の進行に関する指示を行う信号機の信号状態を示す信号情報を取得する第 2 取得部と、

前記追跡結果及び前記信号情報に基づいて、前記物体の信号無視を検知する挙動検知部と、

を備え、

前記挙動検知部は、前記信号機が停止を示す状態であるときに前記物体が前記交差点に進入したか否かを判定し、前記信号機が停止を示す状態であるときに前記物体が前記交差点に進入したと判定した場合に、前記物体が信号無視を行ったと判定する、検知装置。

【請求項 2】

前記挙動検知部は、前記信号機が通行可能な方向を示す状態であることを前記信号情報がさらに示しているときに、前記物体の進行方向と前記通行可能な方向とを比較することで、前記物体が信号無視を行ったか否かを判定する、請求項 1 に記載の検知装置。

【請求項 3】

前記交差点と前記交差点から延びる複数の道路との境界に、前記物体が前記交差点から退出したことを検知するための検知ラインがそれぞれ設定され、

前記挙動検知部は、前記物体が前記検知ラインを超えたことによって、前記進行方向を特定する、請求項 2 に記載の検知装置。

【請求項 4】

前記挙動検知部は、前記物体が前記交差点に進入したときの前記信号情報によって示される前記信号状態に応じて、前記物体を分類する、請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の検知装置。

【請求項 5】

前記挙動検知部は、信号無視を行った前記物体を特定するための物体情報を外部装置に取得させる取得指令を出力する、請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載の検知装置。

【請求項 6】

請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項に記載の検知装置と、

前記レーザレーダと、

を備える検知システム。

【発明の詳細な説明】

【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、信号無視車両を検知する技術が知られている。例えば、特許文献 1 には、信号状態検出部によって信号状態を検出し、レーザ距離計により主道路の停止線を越えて交差点内に進入した車両を検出し、赤信号時に交差点内に進入した車両を信号無視違反車両として検出する装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献１】特開２００３－１４１６７９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に記載の装置は、レーザ距離計によって照射されたレーザビームが車両に遮られることによって、車両が交差点内に進入したことを検出している。しかしながら、主道路が赤信号であるときに、主道路と交差する横断歩道を渡る自転車及び歩行者等によって、レーザビームが遮られるおそれがある。この場合、車両の信号無視が誤検知され得る。

【０００５】

10

本開示は、信号無視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、信号機が設けられた交差点に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、信号無視を検知する装置である。検知装置は、点群情報を取得する第１取得部と、点群情報に基づいて、物体を検知する物体検知部と、物体検知部によって検知された物体を追跡し、追跡結果を生成する物体追跡部と、物体の進行に関する指示を行う信号機の信号状態を示す信号情報を取得する第２取得部と、追跡結果及び信号情報に基づいて、物体の信号無視を検知する挙動検知部と、を備える。挙動検知部は、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したか否かを判定し、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したと判定した場合に、物体が信号無視を行ったと判定する。

20

【発明の効果】

【０００７】

本開示によれば、信号無視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。

30

【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、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４】図４は、信号無視を説明するための図である。

【図５】図５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６】図６は、図５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７】図７は、図６の解析処理を詳細に示すフローチャートである。

【図８】図８は、図６の削除処理を詳細に示すフローチャートである。

【図９】図９は、管理テーブルの一例を示す図である。

【図１０】図１０は、信号無視検知の変形例を説明するための図である。

40

【図１１】図１１は、図１０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１２】図１２は、図１０に示される変形例における管理テーブルの一例を示す図である。

【図１３】図１３は、検知ラインの通過を説明するための図である。

【図１４】図１４は、図１０に示される変形例における信号無視を説明するための図である。

【図１５】図１５は、図１０に示される変形例における特定の方向への進行を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0009】

〔1〕実施形態の概要

本開示の一側面に係る検知装置は、信号機が設けられた交差点に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、信号無視を検知する装置である。検知装置は、点群情報を取得する第1取得部と、点群情報に基づいて、物体を検知する物体検知部と、物体検知部によって検知された物体を追跡し、追跡結果を生成する物体追跡部と、物体の進行に関する指示を行う信号機の信号状態を示す信号情報を取得する第2取得部と、追跡結果及び信号情報に基づいて、物体の信号無視を検知する挙動検知部と、を備える。挙動検知部は、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したか否かを判定し、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したと判定した場合に、物体が信号無視を行ったと判定する。

10

【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、物体が検知され、検知された物体が追跡される。そして、物体の追跡結果と信号機の状態を示す信号情報とに基づいて、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したか否かが判定され、信号機が停止を示す状態であるときに物体が交差点に進入したと判定された場合に、物体が信号無視を行ったと判定される。物体が追跡されることにより、物体の移動軌跡が得られる。横断歩道を通して道路を横断している歩行者等は、当該道路から交差点内に進入する車両とは、異なる方向に移動する。このため、物体を追跡することにより、横断歩道を渡る歩行者等を、交差点に進入する車両として誤検知する可能性を低減することができる。その結果、信号無視の検知精度を向上させることが可能となる。

20

【0011】

挙動検知部は、信号機が通行可能な方向を示す状態であることを信号情報がさらに示しているときに、物体の進行方向と通行可能な方向とを比較することで、物体が信号無視を行ったか否かを判定してもよい。停止を示しながら、特定の方向が通行可能であることを示す信号機がある。このような信号機が設置されている交差点において、物体の進行方向と通行可能な方向とが比較されることにより、物体が通行可能な方向に進行した場合に、物体が信号無視を行ったと判定されないようにすることができる。

【0012】

交差点と交差点から延びる複数の道路との境界に、物体が交差点から退出したことを検知するための検知ラインがそれぞれ設定されてもよい。挙動検知部は、物体が検知ラインを超えたことによって、進行方向を特定してもよい。物体が交差点から退出する際に、物体は、交差点といずれかの道路との境界に設定された検知ラインを必ず超える。このため、検知ラインを用いることで、物体の速度によらずに確実に交差点からの退出を検知することができ、進行方向の特定精度を向上させることが可能となる。その結果、信号無視の検知精度をさらに向上させることが可能となる。

30

【0013】

挙動検知部は、物体が交差点に進入したときの信号情報によって示される信号状態に応じて、物体を分類してもよい。物体が交差点に進入したときの信号状態によって、危険性が異なる。このため、信号状態に応じて物体を分類しておくことで、危険性に応じて警告等を与えることができる。

40

【0014】

挙動検知部は、信号無視を行った物体を特定するための物体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、信号無視を行った物体を特定するための物体情報が取得される。このため、例えば、信号無視を行った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。

【0015】

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、信号無視の検知精度を向上

50

させることが可能となる。

【0016】

〔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。

【0017】

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、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4は、信号無視を説明するための図である。

10

【0018】

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信号無視を検知するシステムである。対象地点は、監視対象となる道路上の場所（地点）であって、信号機TLが設けられる場所である。対象地点の例として、交差点が挙げられる。車両の例としては、自動車及びバイクが挙げられる。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。

【0019】

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。図2に示される例では、対象地点は、交差点Pである。交差点Pには、道路TRを走行する車両に対して、車両の進行に関する指示を行う信号機TLが設けられている。交差点Pの手前には停止線Lsが設けられている。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、道路TR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である。支持部材7は、例えば、電柱、及び倉庫の壁であってもよい。

20

【0020】

レーザレーダ2は、照射可能範囲Ra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Ra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Raは、検知エリアRdを含む。検知エリアRdは、照射可能範囲Raのうちの監視対象となる領域である。図2に示される例では、検知エリアRdは、交差点Pに設定されている。点群情報は、照射可能範囲Raに含まれる各計測点の計測点情報の集合である。

30

【0021】

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。

40

【0022】

レーザレーダ2は、レーザ光を用いて照射可能範囲Raを主走査方向及び副走査方向に走査する。照射可能範囲Ra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Ra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。

【0023】

50

車両情報取得装置 3 は、検知装置 10 によって信号無視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。

【0024】

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。図 2 に示される例では、監視範囲 R b は、車両情報取得装置 3 が車両の前方から車両を撮影可能なように設定されている。

10

【0025】

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、同じ支持部材に取り付けられてもよく、互いに異なる支持部材に取り付けられてもよい。なお、図 2 では、支持部材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、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。

【0026】

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。

20

【0027】

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。

30

【0028】

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。

【0029】

検知装置 10 は、レーザレーダ 2 を用いて、検知エリア R d における車両の信号無視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。

40

【0030】

図 3 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、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。

50

【0031】

検知装置10は、機能的には、取得部11（第1取得部）と、設定部12と、物体検知部13と、物体追跡部14と、挙動検知部15と、取得部16（第2取得部）と、を備えている。

【0032】

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。

【0033】

設定部12は、検知エリアRd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Rd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、ユーザが棒等によって検知エリアRdを設定する。例えば、検知エリアRdは、歩道を含まないように設定される。また、交差点には、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Rd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Rd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Rdの高さには、地表を基準として20cm以上500cm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Rd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。

【0034】

物体検知部13は、点群情報に基づいて、物体を検知する。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Rd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Rd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、得られたクラスタを単一の検知物体（車両及び人等）として検知する。

【0035】

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。

【0036】

検知装置10では、車両の挙動が検知されるので、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1m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1m以上である場合、検知物体を車両に分類する。

【0037】

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。

【0038】

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

10

20

30

40

50

、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。

【0039】

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。

【0040】

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。

【0041】

取得部 16 は、信号情報を取得する。信号情報は、検知車両 M の進行に関する指示を行う信号機 TL の信号状態を示す情報である。信号機 TL の信号状態としては、進行（青）を示す状態、注意（黄）を示す状態、停止（赤）を示す状態、右折可能を示す状態、左折可能を示す状態、及び歩行者のみ横断可能を示す状態等が挙げられる。取得部 16 は、例えば、信号機 TL から信号情報を取得する。取得部 16 は、信号機制御システムから信号情報を取得してもよい。信号機制御システムは、信号機 TL を制御するシステムである。あるいは、交差点 P にビデオカメラが設置されている場合には、取得部 16 は、ビデオカメラによって取得された動画データに画像処理を施すことで、信号情報を取得してもよい。取得部 16 は、信号情報を挙動検知部 15 に出力する。

【0042】

挙動検知部 15 は、追跡結果及び信号情報に基づいて、検知車両の信号無視を検知する。具体的には、挙動検知部 15 は、信号機 TL が停止を示す状態であるときに検知車両が交差点 P に進入したか否かを判定し、信号機 TL が停止を示す状態であるときに検知車両が交差点 P に進入したと判定した場合に、検知車両が信号無視を行ったと判定する。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、信号無視を検知した場合、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。

【0043】

次に、図 5～図 9 を参照して、検知装置 10 が行う検知方法について説明する。図 5 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 6 は、図 5 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 7 は、図 6 の解析処理を詳細に示すフローチャートである。図 8 は、図 6 の削除処理を詳細に示すフローチャートである。図 9 は、管理テーブルの一例を示す図である。図 5 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。なお、本実施形態では、信号機 TL は停止（赤）、注意（黄）、及び進行（青）のみを示す。

【0044】

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 Rd 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 1 3 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 1 3 は、検知物体の寸法及び位置を計算する。

【0045】

続いて、物体検知部 1 3 は、検知物体を分類する（ステップ S 0 3）。具体的には、物体検知部 1 3 は、検知物体の寸法に基づいて、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 1 3 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 1 4 に出力する。

【0046】

続いて、物体追跡部 1 4 は、検知物体（検知車両）を追跡する（ステップ S 0 4）。具体的には、物体追跡部 1 4 は、物体検知部 1 3 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 I D を付与する。物体追跡部 1 4 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 I D 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 1 4 は、追跡結果（車両 I D、車両位置情報、及び検知時刻情報）を挙動検知部 1 5 に出力する。

【0047】

続いて、取得部 1 6 は、信号情報を取得する（ステップ S 0 5）。そして、取得部 1 6 は、取得した信号情報を挙動検知部 1 5 に出力する。

【0048】

続いて、挙動検知部 1 5 は、車両挙動検知処理を実施する（ステップ S 0 6）。ステップ S 0 6 の車両挙動検知処理では、図 6 に示されるように、挙動検知部 1 5 は、物体追跡部 1 4 から追跡結果を受け取ると、追跡結果に含まれる各車両 I D について、ステップ S 1 1 ～ステップ S 1 4 の処理を行う。まず、挙動検知部 1 5 は、管理テーブルを更新する（ステップ S 1 1）。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 9 に示されるように、管理テーブルは、車両 I D と、検知時刻情報と、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 8 に示される車両 I D 「1001」の検知時刻は、「1516678496000」で表される。進入情報は、車両 I D によって示される検知車両が交差点 P に進入したか否かを示す情報である。進入情報が「0」である場合には、当該検知車両が交差点 P に進入していないことを示し、進入情報が「1」である場合には、当該検知車両が交差点 P に進入したことを示す。

【0050】

挙動検知部 1 5 は、追跡結果に含まれる車両 I D 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 I D 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 1 5 は、新たな挙動情報を追加し、挙動情報の車両 I D 及び検知時刻情報として、追跡結果に含まれる車両 I D 及び検知時刻情報を設定し、進入情報に「0」を設定する。挙動検知部 1 5 は、追跡結果に含まれる車両 I D 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 1 5 は、解析処理を行う（ステップ S 1 2）。ステップ S 1 2 の解析処理では、図 7 に示されるように、挙動検知部 1 5 は、まず、取得部 1 6 から受け取った信号情報に基づいて、信号機 T L が停止（赤）を示しているか否かを判定する（ステップ S 2 1）。挙動検知部 1 5 は、信号機 T L が停止を示していると判定すると（ステップ S 2 1；YES）、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 が交差点 P

10

20

30

40

50

に進入したか否かを判定する（ステップS 2 2）。挙動検知部 1 5 は、追跡結果に含まれる車両位置情報に基づいて、検知車両Mが交差点Pに進入したか否かを判定する。挙動検知部 1 5 には、交差点Pの範囲を示す情報が予め設定されている。

【0052】

ステップS 2 2 の判定方法の一例を説明する。まず、挙動検知部 1 5 は、追跡結果に含まれる車両位置情報に基づいて、検知車両Mが交差点P内に位置するか否かを判定する。挙動検知部 1 5 は、例えば、車両位置情報によって示される位置が交差点Pの範囲内であれば、検知車両Mが交差点P内に位置すると判定し、車両位置情報によって示される位置が交差点Pの範囲外であれば、検知車両Mが交差点P内に位置しないと判定する。そして、挙動検知部 1 5 は、検知車両Mが交差点P内に位置すると判定した場合、追跡結果に含まれる車両IDを含む挙動情報の進入情報に基づいて、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が交差点Pに進入したか否かを判定する。

10

【0053】

挙動検知部 1 5 は、検知車両Mが交差点Pに進入していないことを進入情報が示す場合に、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が交差点Pに進入したと判定し（ステップS 2 2；YES）、当該車両IDを含む挙動情報の進入情報に「1」を設定する。つまり、進入情報が、検知車両Mが交差点Pに進入していないことを示す場合、前回のフレームまでは検知車両Mが交差点Pに進入していないことを意味する。そして、現在のフレームで検知車両Mが交差点P内に位置するので、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が交差点Pに進入したとみなすことができる。

20

【0054】

一方、検知車両Mが交差点P外に位置する場合、又は、検知車両Mが交差点Pに進入したことを進入情報が示す場合、検知車両Mは前回のフレームから現在のフレームまでの間に交差点Pに進入していない。このため、挙動検知部 1 5 は、検知車両Mが交差点P外に位置すると判定した場合、又は、検知車両Mが交差点Pに進入したことを進入情報が示す場合には、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が交差点Pに進入していないと判定する（ステップS 2 2；NO）。なお、挙動検知部 1 5 は、検知車両Mが停止線Lsを超えたか否かによって、検知車両Mが交差点Pに進入したか否かを判定してもよい。

【0055】

ステップS 2 2 において、挙動検知部 1 5 は、検知車両Mが交差点Pに進入したと判定した場合（ステップS 2 2；YES）、検知車両Mは信号無視を行ったと判定する（ステップS 2 3）。信号機TLが進行（青）又は注意（黄）を示しているときに、検知車両Mが交差点Pに進入したとしても、信号無視には該当しない。また、信号機TLが停止（赤）を示しているとき、検知車両Mが交差点Pに進入していなければ、信号無視には該当しない。このため、挙動検知部 1 5 は、ステップS 2 1 において信号機TLが停止を示していないと判定した場合（ステップS 2 1；NO）、及びステップS 2 2 において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が交差点Pに進入していないと判定した場合（ステップS 2 2；NO）、ステップS 1 2 の解析処理を終了する。

30

【0056】

続いて、図6に示されるように、挙動検知部 1 5 は、ステップS 1 2 において検知車両Mの挙動が信号無視であると判定された場合には（ステップS 1 3；YES）、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Mの挙動が信号

40

50

無視でないと判定された場合には（ステップ S 1 3 ; N O）、取得指令を車両情報取得装置 3 に送信しない。

【 0 0 5 7 】

そして、挙動検知部 1 5 は、追跡結果に含まれるすべての車両 I D を処理したか否かを判定する（ステップ S 1 5）。挙動検知部 1 5 は、すべての車両 I D を処理していないと判定した場合には（ステップ S 1 5 ; N O）、次の車両 I D について、ステップ S 1 1 ~ ステップ S 1 5 を再び実行する。一方、挙動検知部 1 5 は、すべての車両 I D を処理したと判定した場合には（ステップ S 1 5 ; Y E S）、挙動情報の削除処理を行う（ステップ S 1 6）。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 1 6 の削除処理では、図 8 に示されるように、挙動検知部 1 5 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 S 3 1 及びステップ S 3 2 の処理を行う。まず、挙動検知部 1 5 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 S 3 1）。閾値は、例えば、車両が検知エリア R d 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 1 5 は、差が閾値以上であると判定した場合（ステップ S 3 1 ; Y E S）、当該挙動情報の車両 I D によって示される車両が検知エリア R d 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 S 3 2）。一方、挙動検知部 1 5 は、差が閾値未満であると判定した場合（ステップ S 3 1 ; N O）、当該挙動情報を管理テーブルから削除しない。

【 0 0 5 9 】

そして、挙動検知部 1 5 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 S 3 3）。挙動検知部 1 5 は、すべての挙動情報を処理していないと判定した場合には（ステップ S 3 3 ; N O）、次の挙動情報について、ステップ S 3 1 ~ ステップ S 3 3 を再び実行する。一方、挙動検知部 1 5 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 S 3 3 ; Y E S）、車両挙動検知処理を終了する。以上により、検知装置 1 0 が行う検知方法の一連の処理が終了する。

【 0 0 6 0 】

そして、車両情報取得装置 3 は、検知装置 1 0（挙動検知部 1 5）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い、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、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。

【 0 0 6 1 】

以上説明したように、検知システム 1 及び検知装置 1 0 では、レーザレーダ 2 が検知エリア R d にレーザ光を照射すること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、検知車両 M が追跡される。そして、検知車両 M の追跡結果と信号機 T L の状態を示す信号情報とに基づいて、信号機 T L が停止を示す状態であるときに検知車両 M が交差点 P に進入したか否かが判定され、信号機 T L が停止を示す状態であるときに検知車両 M が交差点 P に進入したと判定された場合に、検知車両 M が信号無視を行ったと判定される。

【 0 0 6 2 】

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 c m 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 1 0 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。

【 0 0 6 3 】

例えば、レーザ距離計によって照射されたレーザビームが車両に遮られることによって

、車両が交差点に進入したことを検知する場合には、誤検知が生じることがある。例えば、当該車両が存在する道路と交差する道路から右折する車両、並びに、当該車両が存在する道路を横切るように設けられた横断歩道を渡る歩行者及び自転車等がレーザビームを遮ってしまい、車両が交差点に進入したと誤検知される可能性がある。日本の交通規則では、二輪車は右折専用レーンを含め3車線以上ある道路を走行している場合、交差点において二段階右折を行う必要がある。このような場合も、交差点に進入したと誤検知される可能性がある。

【0064】

これに対し、検知システム1及び検知装置10では、検知車両Mが追跡されることにより、検知車両Mの移動軌跡が得られる。横断歩道を通して道路TRを横断している歩行者及び自転車等の移動軌跡は、当該道路TRから交差点P内に進入する車両の移動軌跡とは異なる。道路TRと交差する道路から右折する車両の移動軌跡も、当該道路TRから交差点P内に進入する車両の移動軌跡とは異なる。このため、検知車両Mを追跡することにより、横断歩道を渡る歩行者等を、交差点Pに進入する車両として誤検知する可能性を低減することができる。その結果、信号無視の検知精度を向上させることが可能となる。

【0065】

挙動検知部15は、信号無視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、信号無視を行った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、信号無視を行った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、信号無視を行った車両を特定することによって、信号無視を行った車両の運転者に警告を与えることができる。

【0066】

信号無視車両を取り締まるためには、交差点で警察官を配備するか、監視用カメラによって監視することが行われている。しかし、1つの交差点で実時間と同じだけ監視するのに時間が掛かってしまう。また、交通量の多い交差点では、違反車両を摘発することにより、他の車両の通行を妨げてしまう可能性がある。そこで、信号無視車両を効率的に抽出し、車両情報を取得することが望まれている。検知システム1及び検知装置10によれば、信号無視車両を一定の基準で検知することができる。このため、信号無視が確実に摘発されることを運転者が認識することで、運転者は交通規則を遵守せざるを得なくなる。これにより、事故の発生を抑止することができる。

【0067】

レーザレーダ2は、照射可能範囲Ra（検知エリアRd）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、レーザ距離計及びカメラ等と比較して、検知エリアRdが広いので、複数の車線に対して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。

【0068】

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。

【0069】

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。

【0070】

交差点は、十字路に限られず、T字路でもよい。信号無視を検知する対象となる道路は、片側1車線（走行レーン）の道路でなくてもよく、片側に複数の車線を有する道路であってもよい。

【0071】

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2では、車両情報取得装置3は、違反車両を前方から撮影可能である。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、違反車両を後

10

20

30

40

50

方から撮影可能なように設けられてもよい。また、違反車両を前方から撮影可能な車両情報取得装置 3 と、違反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。

【0072】

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。この場合、単一のレーザレーダ 2 で、複数の検知エリア R d を監視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。

【0073】

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 10 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。

10

【0074】

車両情報取得装置 3 は、自動速度違反取締装置に代えて、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、フラッシュ装置（ストロボ装置）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。

【0075】

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。

20

【0076】

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。この場合、違反車両の走行を妨害することができる。

【0077】

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。

【0078】

上記実施形態では、挙動検知部 15 は、信号機 T L が停止を示している間に、交差点 P に進入した検知車両 M を信号無視車両として検知しているが、信号無視として検知される車両はこれに限られない。例えば、挙動検知部 15 は、より悪質な信号無視のみを検知するために、交差点 P に設けられたすべての信号機 T L が停止を示している全停止状態（全赤状態）において、交差点 P に進入した検知車両 M を信号無視車両として検知しなくてもよい。挙動検知部 15 は、全停止状態において交差点 P に進入した検知車両 M を信号無視車両として検知してもよい。

30

【0079】

信号機 T L が注意（黄）を示している間に車両が交差点 P に進入した場合、信号無視となることがある。つまり、信号機 T L が黄信号である場合には、車両が停止しなければならないことがある。このため、挙動検知部 15 は、信号機 T L が注意を示している間に、交差点 P に進入した検知車両 M を信号無視車両として検知してもよい。言い換えると、信号機が停止を示す状態は、信号機が注意を示す状態を含み得る。

40

【0080】

挙動検知部 15 は、検知車両 M が交差点 P に進入したときの信号情報によって示される信号機 T L の信号状態に応じて、検知車両 M を分類してもよい。例えば、挙動検知部 15 は、信号機 T L が停止（赤）を示している場合に交差点 P に進入した検知車両 M、交差点 P に設けられたすべての信号機 T L が停止（赤）を示している場合（全停止状態）に交差点 P に進入した検知車両 M、及び信号機 T L が注意（黄）を示している場合に交差点 P に進入した検知車両 M に、各検知車両 M を分類する。挙動検知部 15 は、検知車両 M の分類

50

を示す分類情報を違反車両に関する各種情報に含めてもよい。検知車両Mが交差点Pに進入したときの信号状態によって、危険性が異なる。このため、信号状態に応じて検知車両Mを分類しておくことで、危険性に応じて運転者に警告等を与えることができる。

【0081】

図10～図15に示されるように、信号機TLは、進行（青）、注意（黄）、及び停止（赤）に加えて、特定の方向が通行可能であることを示してもよい。図10は、信号無視検知の変形例を説明するための図である。図11は、図10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12は、図10に示される変形例における管理テーブルの一例を示す図である。図13は、検知ラインの通過を説明するための図である。図14は、図10に示される変形例における信号無視を説明するための図である。図15は、図10に示される変形例における特定の方向への進行を説明するための図である。

10

【0082】

図10に示される例では、交差点Pから道路TR1～TR4が四方に延びている。例えば、道路TR1は、交差点Pに進入する複数（ここでは、3つ）の車線を有している。信号機TLは、右折可能を示し得る。このような交差点Pでは、信号機TLが停止を示していても、信号機TLが右折可能を示している場合には、車両は右折することができる。

【0083】

本変形例の検知方法は、解析処理（ステップS12）において、上記実施形態の検知方法と主に相違する。図11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、ステップS21と同様に、取得部16から受け取った信号情報に基づいて、信号機TLが停止（赤）を示しているか否かを判定する（ステップS41）。挙動検知部15は、ステップS22と同様に、信号機TLが停止を示していると判定すると（ステップS41；YES）、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が交差点Pに進入したか否かを判定する（ステップS42）。挙動検知部15は、追跡結果に含まれる車両位置情報に基づいて、検知車両Mが交差点Pに進入したか否かを判定する。

20

【0084】

ステップS42において、挙動検知部15は、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が交差点Pに進入したと判定した場合（ステップS42；YES）、赤信号時の進入を記録する（ステップS43）。図12に示されるように、本変形例の管理テーブルでは、挙動情報は、車両ID、検知時刻情報、及び進入情報に加えて、赤信号進入情報をさらに含む。赤信号進入情報は、車両IDによって示される検知車両が赤信号時に交差点Pに進入したか否かを示す情報である。赤信号進入情報が「0」である場合には、当該検知車両が赤信号時に交差点Pに進入していないことを示し、赤信号進入情報が「1」である場合には、当該検知車両が赤信号時に交差点Pに進入したことを示す。ステップS43において、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赤信号進入情報に「1」を設定する。そして、挙動検知部15は、ステップS44を実行する。

30

【0085】

信号機TLが進行（青）又は注意（黄）を示しているときに、検知車両Mが交差点Pに進入したとしても、信号無視には該当しない。また、信号機TLが停止（赤）を示していても、検知車両Mが交差点Pに進入していなければ、信号無視には該当しない。このため、挙動検知部15は、ステップS41において信号機TLが停止を示していないと判定した場合（ステップS41；NO）、及びステップS42において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が交差点Pに進入していないと判定した場合（ステップS42；NO）、ステップS44を実行する。

40

【0086】

続いて、挙動検知部15は、赤信号時の進入が記録されているか否かを判定する（ステップS44）。具体的には、挙動検知部15は、追跡結果に含まれる車両IDを含む挙動

50

情報の赤信号進入情報に基づいて、赤信号時の進入が記録されているか否かを判定する。挙動検知部15は、赤信号進入情報が「0」であり、赤信号時の進入が記録されていないと判定した場合には（ステップS44；NO）、当該検知車両Mは信号無視を行っていないと判定し、ステップS12の解析処理を終了する。

【0087】

一方、ステップS44において、挙動検知部15は、赤信号進入情報が「1」であり、赤信号時の進入が記録されていると判定した場合には（ステップS44；YES）、検知車両Mが検知ラインLout1～Lout3を超えたか否かを判定する（ステップS45）。交差点Pと交差点Pから延びる道路TR2～TR4（複数の道路）との境界に、検知ラインLout1～Lout3が設定されている。検知ラインLout1～Lout3は、検知車両Mが交差点Pから退出したことを検知するための仮想線である。検知ラインLout1は、交差点Pと道路TR2との境界に設けられる。検知ラインLout2は、交差点Pと道路TR3との境界に設けられる。検知ラインLout3は、交差点Pと道路TR4との境界に設けられる。

【0088】

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13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つのフレーム間における検知車両Mの重心位置を結ぶ線分Lg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。

【0089】

ステップS45において、挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインを超えたと判定した場合（ステップS45；YES）、検知車両Mの進行方向を特定する（ステップS46）。検知車両Mが検知ラインLout1～Lout3のいずれかの検知ラインを超えたことは、検知車両Mが交差点Pから退出したことを意味する。このため、挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインLout1～Lout3のいずれの検知ラインを超えたかに応じて、検知車両Mの進行方向を特定する。挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインLout1を超えたと判定した場合には、検知車両Mが左折したと判定する。挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインLout2を超えたと判定した場合には、検知車両Mが直進したと判定する。挙動検知部15は、検知車両Mが検知ラインLout3を超えたと判定した場合には、検知車両Mが右折したと判定する。

【0090】

そして、挙動検知部15は、信号情報に基づいて、検知車両Mの進行方向が通行可能な方向であるか否かを判定する（ステップS47）。例えば、図14及び図15に示されるように、信号機TLが停止（赤）を示すとともに右折可能を示しているとする。このとき、図14に示される例では、検知車両Mは直進している。したがって、挙動検知部15は、検知車両Mの進行方向（直進）は通行可能な方向（右折）ではないと判定し（ステップS47；NO）、検知車両Mが信号無視を行ったと判定する（ステップS48）。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。

【0091】

一方、図15に示される例では、検知車両Mは右折している。したがって、挙動検知部15は、検知車両Mの進行方向（右折）は通行可能な方向（右折）であると判定し（ステップS47；YES）、当該検知車両Mは信号無視を行っていないと判定する。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。

【0092】

ステップS45において、挙動検知部15は、検知車両Mがいずれの検知ラインも超え

ていないと判定した場合には（ステップ S 4 5 ; N O）、検知車両 M は交差点 P 内に留まっていると判定し（ステップ S 4 9）、ステップ S 1 2 の解析処理を終了する。なお、赤信号時に交差点 P に進入した検知車両 M が、一定の時間を超えて交差点 P に留まる場合には、検知車両 M を違反車両としてもよい。

【0093】

上述のように、停止を示しながら、特定の方向が通行可能であることを示す信号機 T L がある。このような信号機 T L が設置されている交差点 P では、各車両は、赤信号時でも通行可能な方向には進行することができる。このような状況において、通行可能な方向に進行する車両が信号無視として誤検知されないように、上記変形例では、挙動検知部 1 5 は、信号機 T L が通行可能な方向を示す状態であることを信号情報がさらに示しているときに、検知車両 M の進行方向と通行可能な方向とを比較することで、検知車両 M が信号無視を行ったか否かを判定している。これにより、検知車両 M が通行可能な方向に進行した場合に、検知車両 M が信号無視を行ったと判定されないようにすることができる。その結果、信号無視の検知精度をさらに向上させることが可能となる。

【0094】

挙動検知部 1 5 は、検知車両 M が検知ライン L o u t 1 ~ L o u t 3 のいずれかを越えたことによって、検知車両 M の進行方向を特定する。交差点 P に進入した検知車両 M が交差点 P から退出する際に、検知車両 M は、検知ライン L o u t 1 ~ L o u t 3 のいずれかを必ず超える。このため、検知ライン L o u t 1 ~ L o u t 3 を用いることで、検知車両 M の速度によらずに確実に交差点 P からの退出を検知することができ、検知車両 M の進行方向の特定精度を向上させることが可能となる。その結果、信号無視の検知精度をさらに向上させることが可能となる。

【0095】

上記実施形態及び変形例では、車両の信号無視が検知対象であるが、検知対象は、車両の信号無視に限られない。例えば、歩行者（人）及び自転車の信号無視が検知対象であってもよい。この場合、取得部 1 6 は、歩行者用信号機の信号状態を示す信号情報を取得してもよい。また、検知システム 1 は、信号無視を行った物体を特定するための物体情報を取得する物体情報取得装置を備えてもよい。物体情報取得装置としては、例えば、撮像装置が挙げられる。挙動検知部 1 5 は、信号無視を行った物体を特定するための物体情報を取得するために、検知物体の位置情報とともに取得指令を物体情報取得装置に出力する。物体情報取得装置は、検知装置 1 0 から位置情報とともに取得指令を受信すると、例えば、位置情報によって示される位置に存在する物体を含むように撮影を行い、物体の画像を取得する。例えば、検知対象の物体が歩行者である場合は、歩行者の顔を含む画像が取得される。

【符号の説明】

【0096】

- 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（第1取得部）
- 12 設定部
- 13 物体検知部
- 14 物体追跡部
- 15 挙動検知部
- 16 取得部（第2取得部）
- L o u t 1 , L o u t 2 , L o u t 3 検知ライン

10

20

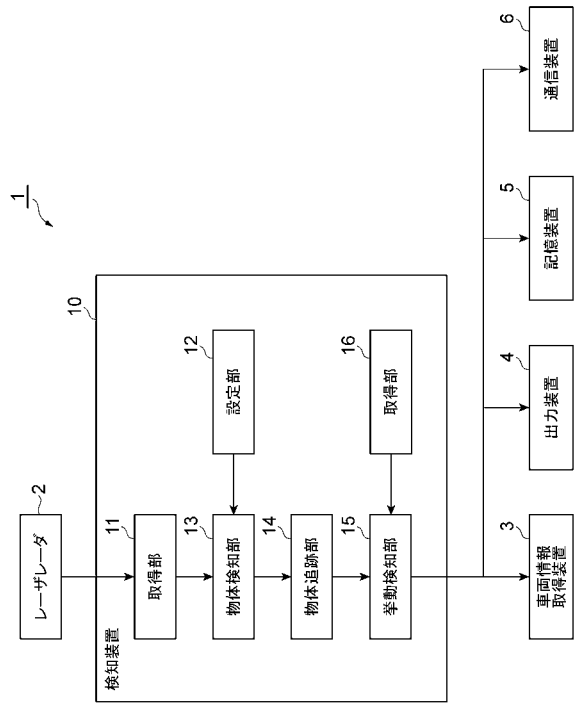
30

40

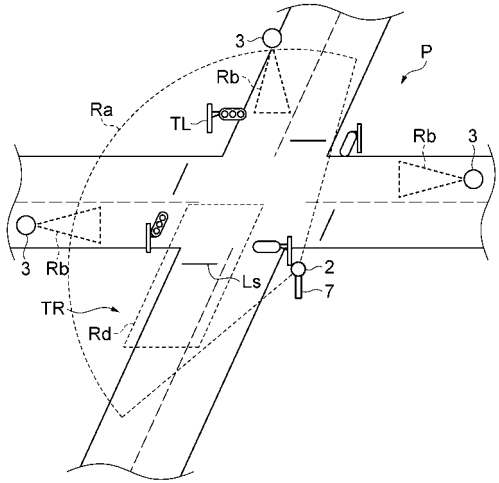
50

M 検知車両
P 交差点
R d 検知エリア
T L 信号機

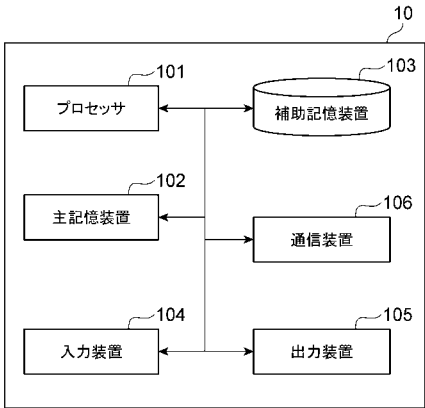
【図 1】



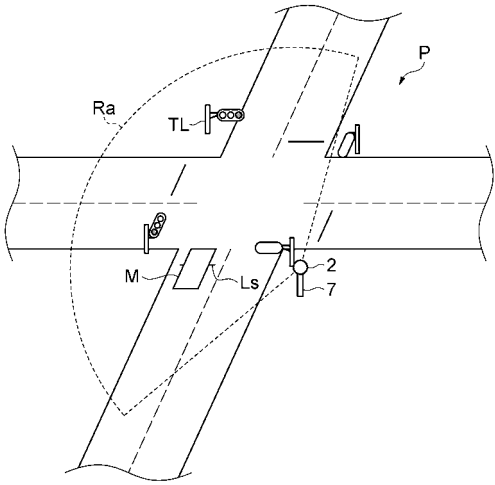
【図 2】



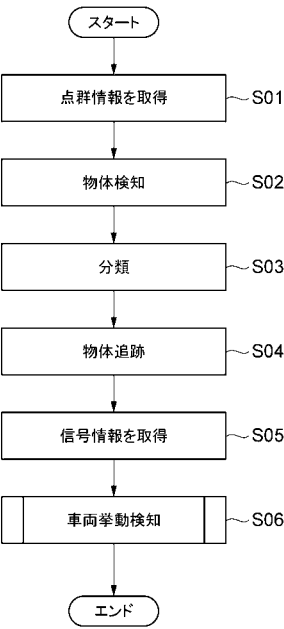
【図 3】



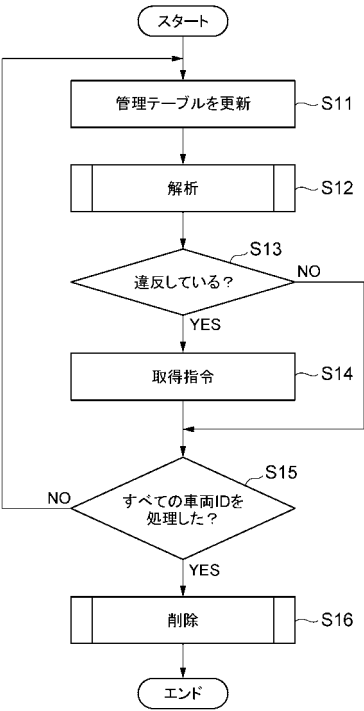
【図 4】



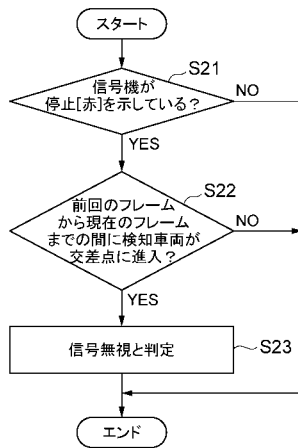
【図 5】



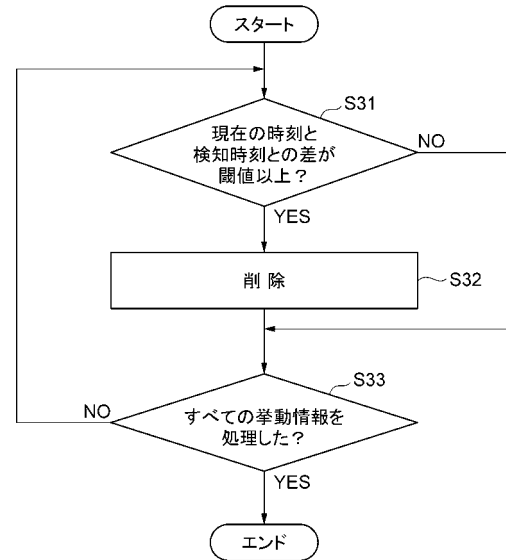
【図 6】



【図 7】



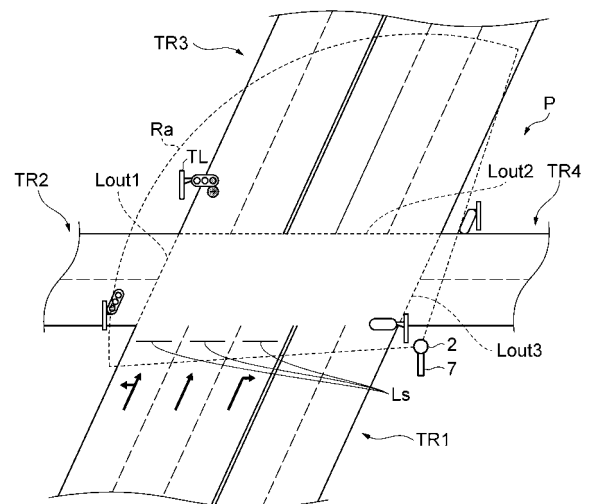
【図 8】



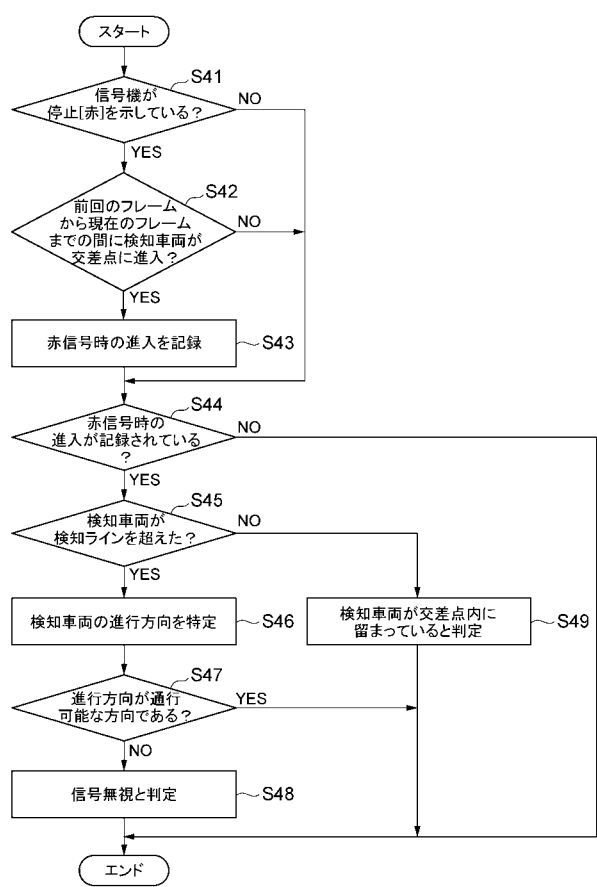
【図 9】

車両ID	車両時刻情報	進入情報
1001	2018/1/23 12:34:56.000	1
1002	2018/1/23 12:34:56.012	1
1003	2018/1/23 12:34:56.034	0
⋮	⋮	⋮

【図 10】



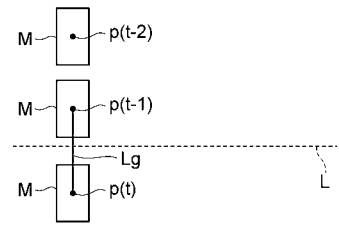
【図 1 1】



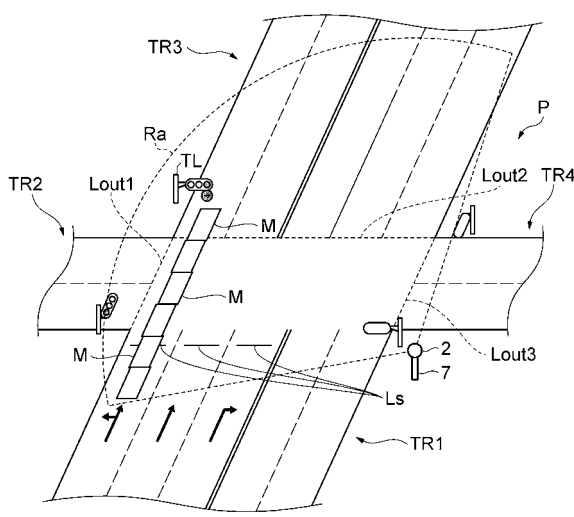
【図 1 2】

車両ID	検知時刻情報	進入情報	赤信号進入情報
1001	2018/1/23 12:34:56.000	1	1
1002	2018/1/23 12:34:56.012	1	1
1003	2018/1/23 12:34:56.034	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮

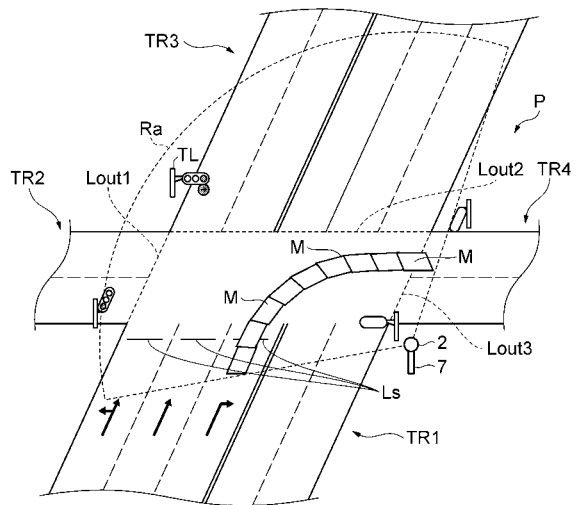
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G 0 8 B 25/04 C

(72)発明者 ▲濱▼口 謙一

東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 山内 淑久

東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 瀬戸 陽介

東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

Fターム(参考) 5C086 AA47 BA22 BA30 CA21 CA28 CB36 DA33 FA01 FA11
5C087 AA02 AA03 AA07 AA44 DD03 DD14 DD49 EE14 FF01 FF02
FF04 GG02 GG08 GG66 GG70 GG84
5H181 AA01 AA02 AA03 AA05 BB04 BB15 CC01 CC03 CC04 CC14
DD06 DD10 FF03 FF22 FF25 FF32 LL04 LL07 LL08 LL14
5J084 AA04 AA05 AA14 AB01 CA31 CA65 EA20 EA23