

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年9月15日(15.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/143849 A1

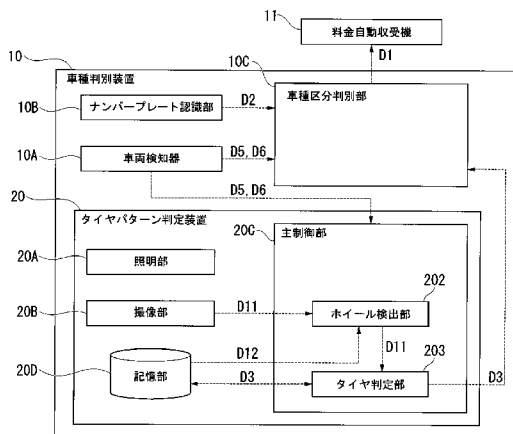
- (51) 国際特許分類:
G08G 1/015 (2006.01) G07B 15/00 (2011.01)
G01B 11/24 (2006.01) G08G 1/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057556
- (22) 国際出願日: 2016年3月10日(10.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-049530 2015年3月12日(12.03.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱重エメカトロシステムズ株式会社
(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES MECHATRONICS SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒6520863 兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 福▲崎▼ 重隆(FUKUZAKI Shigetaka); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 中山 博之(NAKAYAMA Hiroyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 森 隆一郎, 外(MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

[続葉有]

(54) Title: TIRE PATTERN ASSESSMENT DEVICE, VEHICLE MODEL DETERMINING DEVICE, TIRE PATTERN ASSESSMENT METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称: タイヤパターン判定装置、車種判別装置、タイヤパターン判定方法及びプログラム

[図3]



- 10 Vehicle model determining device
- 10A Vehicle detector
- 10B License plate recognition unit
- 10C Vehicle-category determining unit
- 11 Automatic toll collection machine
- 20 Tire pattern assessment device
- 20A Illumination unit
- 20B Image-capturing unit
- 20C Main control unit
- 20D Storage unit
- 202 Wheel detection unit
- 203 Tire assessment unit

(57) Abstract: A tire pattern assessment device provided with: an irradiation unit for irradiating a detection light at a height equivalent to the wheels of a passing vehicle; a detection unit for detecting reflected light of the detection light; and a tire assessment unit for assessing the number of consecutively connected tires of the vehicle on the basis of the detection results obtained by the detection unit for the reflected light that corresponds to the shape of the wheels.

(57) 要約: タイヤパターン判定装置は、通過する車両のホイールに相当する高さに検出光を照射する照射部と、前記検出光の反射光を検出する検出部と、前記検出部による前記ホイールの形状に応じた前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数を判定するタイヤ判定部と、を備える。



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

タイヤパターン判定装置、車種判別装置、タイヤパターン判定方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、タイヤパターン判定装置、車種判別装置、タイヤパターン判定方法及びプログラムに関する。

本願は、2015年3月12日に、日本に出願された特願2015-049530号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 有料道路等の料金所には、料金を収受するための料金収受設備が設けられている。このような料金収受設備は、利用者との間で料金の収受処理を行う料金自動収受機と、走行する車両の車種を判別する車種判別装置とを備えている。料金自動収受機は、車種判別装置によって判別された車種に応じた料金の収受を行う。

[0003] このような料金収受設備において、例えば、特許文献1に開示される車種判別装置は、走行する車両の車高や車長等（形状パターン）を取得する車両検知器と、車両のタイヤによる踏付けを検出する踏板と、を有し、上記車両検知器及び踏板を通じて得られる各種情報に基づいて、当該車両の車種の判別を行っている。

[0004] ところで、通常の料金所において、料金自動収受機は、利用者との料金収受処理を行う時点で、利用料金を確定しておく必要があるため、車両の運転席が料金自動収受機に到達する前の段階で、車種判別装置による車種の判別結果を取得していなければならない。

ここで、車両の通行中において当該車両のタイヤが踏板を踏み付けた回数を検出することにより、当該車両の車軸数を取得することができる。しかしながら、車種判別のための情報の一つとして車軸数を用いる場合には、車両

の運転席が料金自動収受機に到達する前の段階で、対象となる車両の全てのタイヤが踏板を通過している必要がある。そのため、通常の料金所においては、通行する車両の最大車長（例えば18m）を考慮して、車種判別装置と料金自動収受機との間が少なくとも最大車長以上となるように配置されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平8-235487号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、例えば、高架橋上等に設けられている料金所では、路面に踏板を埋設することが困難な場合がある。この場合、上述のような踏板を利用した車種判別装置を設置することができない。このため、車両の車高や車長等の情報のみで車種の判別を行わなければならないが、車高や車長等が類似した車両については、車種の判別を行うための情報が不足し、車種の判別が正しく行えない可能性がある。

また、踏板を埋設することが可能な料金所であっても、料金所の設置スペースの都合上、車種判別装置と料金自動収受機との距離を最大車長以上確保することが困難な場合がある。この場合、車種判別装置と料金自動収受機との距離よりも車長が長い車両は、すべてのタイヤが踏板を通過する前に、車両の運転席が料金自動収受機に到達してしまう。このため、車種判別装置は、タイヤ幅、車軸数、トレッド幅、タイヤの連設数（車両の一箇所の取り付け位置（一つの車軸における片側の取り付け位置）において連なって設けられているタイヤの本数）等の情報の取得が完了する前に車種の判別を行わなければならないため、車長の長い車両については、車種の判別を行うための情報が不足し、車種の判別が正しく行えない可能性がある。

このように、車種の判別を行うための情報を、踏板より取得することが困

難な立地条件を有する料金所においては、車種の判別が正しく行えない可能性がある。

[0007] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、料金所の立地条件に関わらず設置が可能であり、車種の判別に必要な情報の一つであるタイヤの連設数を取得することができるタイヤパターン判別装置、車種判別装置、タイヤパターン判別方法及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様によれば、タイヤパターン判定装置（20）は、通過する車両のホイール（W）に相当する高さに検出光を照射する照射部（20A, 20E）と、前記検出光の反射光を検出する検出部（20B, 20E）と、前記検出部による前記ホイールからの前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数（D3）を判定するタイヤ判定部（203）と、を備える。

[0009] このような構成とすることで、タイヤパターン判定装置は、照射部が検出光を照射し、検出部が車両のホイールからの当該検出光の反射光を検出する。タイヤ判定部は、当該反射光の検出結果に基づいて、当該ホイールの形状を認識し、当該ホイールの形状に応じたタイヤの連設数を判定する。なお、タイヤの連設数とは、車両の一箇所の取り付け位置（一つの車軸における片側の取り付け位置）において連なって設けられているタイヤの本数を示している。このようなタイヤパターン判定装置によれば、照射部及び検出部を設置するのみで、車種の判別に必要な情報の一つであるタイヤの連設数を判定することができる。このため、車種の判別に必要な情報を検出する検出用装置を路面に埋設できない又は設置するスペースが十分確保できない料金所等、立地条件に制限があり、検出用装置からの情報が十分得られない料金所であっても、タイヤパターン判定装置を設置して、当該タイヤパターン判定装置が判定したタイヤの連設数に基づいて車種判別を行うことが可能となる。

[0010] 本発明の一態様によれば、上述のタイヤパターン判定装置において、前記照射部は、少なくとも前記ホイールを含む照射範囲に前記検出光を照射する

。前記検出部は、前記反射光の検出結果に基づいて、前記照射範囲を含む画像（D 1 1）を取得する。前記タイヤ判定部は、前記画像上に表れる暗部（R 1）及び明部（R 2）の分布の規則性に基づいて、前記タイヤの連設数を判定する。

[0011] このような構成とすることで、タイヤパターン判定装置は、照射部よりホイールを含む照射範囲に検出光を照射する。これにより、ホイールには、ホイールの形状に応じて、検出光が照射されていない暗部と、検出光が照射されている明部とが形成される。つまり、当該ホイールの形状の特徴を、暗部及び明部の分布として表すことができる。この結果、タイヤ判定部は、検出部が取得した画像上に表されたホイールの暗部及び明部の分布の規則性に基づいて、ホイールの形状を認識することができる。そして、タイヤ判定部は、当該ホイールの形状に応じたタイヤの連設数を判定することが可能となる。

[0012] 本発明の一態様によれば、上述のタイヤパターン判定装置において、前記タイヤ判定部は、前記車両の外側から見えるシングルタイヤの前記ホイールの凸形状と、前記車両の外側から見えるダブルタイヤの前記ホイールの凹形状と、に起因して生じる前記暗部及び前記明部の分布の規則性に基づいて、前記タイヤの連設数を判定する。

[0013] このような構成とすることで、タイヤ判定部は、車両の外側から見えるシングルタイヤの凸形状と、車両の外側から見えるダブルタイヤの凹形状と、に起因して生じる暗部及び明部の分布の規則性に基づいて、タイヤの連設数を判定する。シングルタイヤは車両の外側から見た場合、車両の外側を向く表面が車両の外側に向かって突出する凸形状を有している。また、ダブルタイヤは車両の外側から見た場合、車両の外側を向く表面が車両の外側に向かって窪んだ凹形状を有している。タイヤ判定部は、このようなシングルタイヤ及びダブルタイヤの形状の相違に起因して生じる暗部及び明部の分布の規則性に基づいて、ホイールの形状を認識することができる。そして、タイヤ判定部は、当該ホイールの形状に応じたタイヤの連設数を判定することが可

能となる。

[0014] 本発明の一態様によれば、前記照射部は、前記検出光としてレーザ光を照射する。前記検出部は、前記反射光の検出結果に基づいて、前記検出部から照射対象までの距離を測定する。前記タイヤ判定部は、前記距離の複数の測定結果により、前記ホイールの形状の特徴を認識して、当該ホイールの形状に応じた前記タイヤの連設数を判定する。

[0015] このような構成とすることで、タイヤパターン判定装置は、検出部において、反射光の検出結果に基づいて、検出部から照射対象までの距離を測定する。これにより、タイヤ判定部は、当該距離の複数の測定結果に基づいてホイールの形状の特徴を認識して、当該ホイールの形状に応じたタイヤの連設数を判定することが可能となる。

[0016] 本発明の一態様によれば、前記照射部は、前記車両の高さ方向に沿って、異なる複数の高さで前記レーザ光を照射する。

[0017] このような構成とすることで、照射部は、車両の高さ方向に沿って、異なる複数の高さでレーザ光を照射する。これにより、ホイールが配置されている高さ方向における位置が車両毎に異なっても、レーザ光が照射される高さ方向における範囲の何れかの位置にホイールWが配置されている位置を含むようすることができる。このため、照射部は、ホイールの高さ方向における下端部から上端部までレーザ光を照射することができ、ホイールの形状の特徴を認識するのに十分な反射光の検出結果を得ることが可能となる。

[0018] 本発明の一態様によれば、前記照射部は、前記車両の幅方向に対して傾斜した方向に前記検出光を照射する。

[0019] このような構成とすることで、照射部は、車両の幅方向に対して傾斜した方向に検出光を照射する。このため、照射部は、タイヤのホイールにおいて暗部及び明部をより明瞭に形成することができる。この結果、タイヤ判定部は、検出部が取得した画像上に表されたホイールの暗部及び明部の分布の規則性に基づいて、ホイールの形状の特徴を認識することができる。そして、タイヤ判定部は、当該ホイールの形状に応じたタイヤの連設数を判定するこ

とが可能となる。

[0020] 本発明の一態様によれば、前記照射部は、前記照射部が設置されている位置より前記車両の進行方向手前側に向かって前記検出光を照射する。

[0021] このような構成とすることで、照射部は、照射部が設置されている位置より車両の進行方向手前側に向かって検出光を照射する。

これにより、照射部は、車両の進行方向手前側に配置されているホイールに対し、検出光の照射を行うことができる。このため、車種の判別に必要な情報を検出する検出用装置を設置するスペースが十分確保できない料金所であっても、車両の利用料金を確定する前に、当該車両の最も進行方向手前側に配置されているホイールまで検出光の照射を行うことができる。この結果、車両の進行方向手前側に配置されている各ホイールの形状の特徴を認識して、当該ホイールの形状に応じた前記タイヤの連設数を判定することができる。

[0022] 本発明の一態様によれば、車種判別装置は、上述の何れか一の態様におけるタイヤパターン判定装置と、前記タイヤパターン判定装置が判定した前記タイヤの連設数に基づいて車種を判別する車種区分判別部と、を備える。

[0023] 本発明の一態様によれば、タイヤパターン判定方法は、通過する車両のホイールに相当する高さに検出光を照射する照射ステップと、前記検出光の反射光を検出する検出ステップと、前記検出ステップによる前記ホイールの形状に応じた前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数を判定するタイヤ判定ステップと、を有する。

[0024] 本発明の一態様によれば、通過する車両のタイヤの連設数を判定するタイヤパターン判定装置のコンピュータを機能させるプログラムは、前記コンピュータを、前記車両のホイールに相当する高さに検出光を照射する照射部、前記検出光の反射光を検出する検出部、前記検出部による前記ホイールの形状に応じた前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数を判定するタイヤ判定部、として機能させる。

発明の効果

[0025] 上述のタイヤパターン判別装置、車種判別装置、タイヤパターン判別方法及びプログラムによれば、料金所の立地条件に関わらず設置が可能であり、車種の判別に必要な情報の一つであるタイヤの連設数を取得することができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明の第1の実施形態に係る料金收受設備の概略図である。
- [図2]本発明の第1の実施形態に係る車種判別装置の概略図である。
- [図3]本発明の第1の実施形態に係る車種判別装置のブロック図である。
- [図4A]本発明の第1の実施形態に係るタイヤに検出光を照射した際の例を示す側面図であり、シングルタイヤの例を示す。
- [図4B]本発明の第1の実施形態に係るタイヤに検出光を照射した際の例を示す側面図であり、ダブルタイヤの例を示す。
- [図5A]本発明の第1の実施形態に係るタイヤに検出光を照射した際の例を示す断面図であり、シングルタイヤの例を示す。
- [図5B]本発明の第1の実施形態に係るタイヤに検出光を照射した際の例を示す断面図であり、ダブルタイヤの例を示す。
- [図6]本発明の第1の実施形態に係るタイヤパターンの判定手順を示すフローチャートである。
- [図7]本発明の第2の実施形態に係る料金收受設備の概略図である。
- [図8]本発明の第2の実施形態に係る車種判別装置のブロック図である。
- [図9A]本発明の第2の実施形態に係るタイヤの検出スキャンパターンの例を示す図であり、シングルタイヤの例を示す。
- [図9B]本発明の第2の実施形態に係るタイヤの検出スキャンパターンの例を示す図であり、ダブルタイヤの例を示す。
- [図10]本発明の第2の実施形態に係るタイヤパターンの判定手順を示すフローチャートである。
- [図11]タイヤパターン判定装置のハードウェア構成の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0027] <第 1 の実施形態>

(全体構成)

以下、本発明の第 1 の実施形態に係る料金收受設備 1 について図面を参照して説明する。

図 1 は第 1 の実施形態に係る料金收受設備 1 の概略図である。

本実施形態において、料金收受設備 1 は、図 1 に示すように有料道路の出口料金所に設置され、有料道路の利用者である車両 A の運転者から利用料金を收受する。

[0028] 本実施形態における料金收受設備 1 は、図 1 に示すように、車種判別装置 10 と、料金自動收受機 11 と、発進制御機 13 と、発進検知器 14 とを備えている。

料金收受設備 1 は、車線 L の両側部に配置されたアイランド I 上に設けられ、車線 L 上に停止した車両 A との間で料金收受処理を行うための設備である。

以降の説明において、車線 L に沿う方向を進行方向（図 1 における X 方向）と称する。また、車線 L 上で車両 A が進む方向側（図 1 における +X 側）を進行方向奥側と称し、車両 A が進む方向側とは反対側（図 1 における -X 側）を進行方向手前側と称する。更に、車両 A の車幅方向を幅方向（図 1 における Y 方向）と称し、車両 A の車高方向を高さ方向（図 1 における Z 方向）と称する。

[0029] 車種判別装置 10 は、図 1 に示すように、車線 L の進行方向手前側（図 1 における -X 側）に設けられ、料金所の車線 L に進入する車両 A の特徴を検出して、車種区分 D1（図 3）を判別するための装置群である。本実施形態において、車種判別装置 10 は、車両検知器 10A と、ナンバープレート認識部 10B と、タイヤパターン判定装置 20 と、を検出用装置として備えている。

ここで、車種区分 D1 とは、有料道路の料金を決定するための車種区分 D1 を示すものであり、本実施形態では、例えば、車種判別装置 10 は「軽自

動車等」、「普通車」、「中型車」、「大型車」、「特大車」の五つの区分を判別する。また、車両Aの特徴とは、車線Lに進入する車両A固有の情報であって、本実施形態においては、ナンバープレート情報D2（図3）及びタイヤTの連設数D3（図3）である。車種判別装置10は、これらナンバープレート情報D2及びタイヤTの連設数D3に基づいて、車種の判別を行う装置である。なお、車種判別装置10の備える車両検知器10A、ナンバープレート認識部10B及びタイヤパターン判定装置20の具体的な構成については後述する（図2及び図3参照）。

[0030] 料金自動収受機11は、図1に示すように、車種判別装置10及びタイヤパターン判定装置20よりも車線Lの進行方向奥側（図1における+X側）に設けられている。また、料金自動収受機11は、本実施形態においては、車線Lの幅方向一方側（図1における-Y側）に設けられているが、他の実施形態においては、車線Lの幅方向他方側（図1における+Y側）に設けられていてもよい。

料金自動収受機11は、車両Aの車種区分D1と、有料道路の走行距離とに応じた利用料金を、車両Aの運転者に課金する。

[0031] 発進制御機13は、車線Lに進入した車両Aの利用料金の収受が完了するまで、車両Aを発進させないようにする等の目的で、ゲートの開放及び閉塞を行う。図1に示すように、発進制御機13は、車線Lにおける料金自動収受機11よりも進行方向奥側（図1における+X側）に設けられている。発進制御機13は、料金自動収受機11から開動作指示信号が入力された際にゲートを開き、車両Aに対して発進を許可する。同様に、発進制御機13は、料金自動収受機11から閉動作指示信号が入力された際にゲートを閉じる。

[0032] 発進検知器14は、車線Lにおける発進制御機13よりも進行方向奥側（図1における+X側）に設けられ、車両Aが車線Lから退出したかどうかを検出する。発進検知器14の検出信号は、料金自動収受機11へ出力される。料金自動収受機11は、発進検知器14からの検出信号の入力を受け付け

ると、ゲートを閉じるために発進制御機 13 に閉動作指示信号を出力する。

[0033] (車種判別装置の構成)

図 2 は本発明の第 1 の実施形態に係る車種判別装置 10 の概略図である。

図 2 に示すように、車種判別装置 10 は、車両検知器 10A と、ナンバープレート認識部 10B と、タイヤパターン判定装置 20 と、を検出用装置として備えている。また、車種判別装置 10 は、これら検出用装置が検出する信号に基づいて、車両 A の車種区分 D1 を判別するための車種区分判別部 10C を備えている。

なお、本実施形態において、車種区分判別部 10C が車種判別装置 10 (例えば図 1 に示すように車両検知器 10A) に内蔵されている態様で説明するが、この態様に限定されない。例えば、他の実施形態においては、車種区分判別部 10C がネットワーク上に接続された車種判別装置 10 以外の装置に内蔵されていてもよい。

[0034] 車両検知器 10A は、料金自動収受機 11 よりも車線方向手前側 (図 1 における X 側) において、車線 L の両側に投受光一對設けられている。車両検知器 10A は、高さ方向 (図 2 における Z 方向) に配列された不図示の受光センサにより、車両 A の車線 L への進入に応じた検出信号を車種区分判別部 10C へ出力する。車両検知器 10A は、車線 L に進入した車両 A が受光センサに投光される光を遮ることで、車両 A 一台ごとの進入及び通過を検出可能な検出信号を車種区分判別部 10C 及びタイヤパターン判定装置 20 へ出力する。具体的には、車両検知器 10A は、車両 A の進入を検知すると車両進入情報 D5 (図 3) を、車両 A の通過を検知すると車両通過情報 D6 (図 3) を、車種区分判別部 10C 及びタイヤパターン判定装置 20 へ出力する。

[0035] ナンバープレート認識部 10B は、車両検知器 10A による車両 A の進入検知に応じて、車両 A のナンバープレートを含む車両 A の前面画像を撮影し、車両 A のナンバープレート情報 D2 (車両登録情報及びナンバープレートの大きさ) を取得する。

[0036] タイヤパターン判定装置20は、料金所の車線Lに進入する車両AのタイヤTの連設数D3を判定し、当該タイヤTの連設数D3を車種区分判別部10Cに出力する装置である。ここで、タイヤTの連設数D3とは、車両Aの一箇所の取り付け位置（一つの車軸における片側の取り付け位置）に連なって設けられているタイヤTの本数を示している。本実施形態においては、一つの取り付け位置に一本のタイヤTが取り付けられている（連設数D3が「1」である）シングルタイヤT1と、一つの取り付け位置に二本のタイヤが取り付けられている（連設数D3が「2」である）ダブルタイヤT2とが存在する。

[0037] 車種区分判別部10Cは、車両検知器10Aから取得した車両進入情報D5及び車両通過情報D6と、ナンバープレート認識部10Bから取得したナンバープレート情報D2と、タイヤパターン判定装置20が判定したタイヤTの連設数D3とに基づいて、車両Aの車種区分D1を判別する。

[0038] タイヤパターン判定装置20は、照明部20A（照射部）と、撮像部20B（検出部）と、主制御部20Cと、記憶部20Dとを備えている。

[0039] 照明部20Aは、図2に示すように、料金自動収受機11とは、車線Lを挟んで反対側のアイランドI上に設けられている。本実施形態においては、照明部20Aは、車線Lの幅方向他方側（図2における+Y側）のアイランドI上に設けられている。本実施形態において、照明部20Aは、車両Aの幅方向他方側（図2における+Y側）に配置されたホイールWを照射対象として、検出光の照射を行う。

なお、本実施形態において、照明部20Aは、検出光として例えば赤外光を照射するが、他の実施形態においては、可視光等であってもよい。

[0040] 照明部20Aは、所定の照射範囲に検出光を照射する。所定の照射範囲は、照明部20Aよりも車線Lの進行方向手前側（図2における-X側）の領域であって、車両AのホイールWに相当する高さが含まれる範囲に設定されている。

照明部20Aは、検出光の照射方向（照明部20Aと照射範囲の中心とを

結ぶ仮想線に沿う方向)が、車線Lの幅方向(図2におけるY方向)に対して傾斜するように配置されている。本実施形態においては、照射部20Aは、検出光の照射方向が車線Lの進行方向手前側(図2における-X側)を向くように、当該照射方向と車線Lの進行方向(図2におけるX方向)とが約45度の角度で交差するように配置されているが、これに限られることはない。他の実施形態においては、車線Lの幅方向(図2におけるY方向)に対して傾斜していれば、車線Lの進行方向奥側(図2における+X側)に向かって検出光を照射してもよいし、車線Lの上方(図2における+Z側)から下方(図2における-Z方向)に向かって検出光を照射してもよい。

そして、所定の照射範囲は、当該照射方向を中心として、車線Lの進行方向(図2におけるX方向)における一定の範囲と、車両Aの高さ方向(図2におけるZ方向)におけるタイヤTの下端部から上端部までの範囲と、を含むように設定されている。

[0041] 撮像部20Bは、図2に示すように、照明部20Aが設けられているアイランド1(図2における+Y側のアイランド1)上において、照明部20A及び車両検知器10Aと隣接した位置であって、照明部20Aよりも車線Lの進行方向手前側(図2における-X側)に設けられている。

撮像部20Bは、所定の撮像範囲を一定の間隔で連続して撮像することにより、ホイールWによる検出光の反射光を検出し、当該反射光の検出結果に基づく画像D11(図3)を取得する。所定の撮像範囲は、撮像部20Bが設けられている位置から車線Lの進行方向手前側(図2における-X側)の領域であって、照明部20Aの照射範囲を含むように設定されている。本実施形態において、撮像部20Bは、車両Aの幅方向他方側(図2における+Y側)に配置されたホイールWを撮像対象としている。

[0042] なお、本実施形態においては、検出光である赤外光を検出可能な赤外線カメラが撮像部20Bとして使用されるが、他の実施形態においては、照明部20Aが照射する検出光に応じて異なる種類のカメラを使用してもよい。

また、撮像部20Bが取得した画像D11の画像処理を行うことによって

(例えば、ほぼ円形のホイールを捕捉するような処理を行うことによって)、照射範囲及び撮像範囲を自動的に設定するようにしてもよい。また、管理者等が照射範囲及び撮像範囲を手動で設定するようにしてもよい。

[0043] 主制御部20Cは、撮像部20Bが取得した画像D11に基づき、車両AのタイヤTの連設数D3を判定する。

なお、本実施形態において、主制御部20Cがタイヤパターン判定装置20(例えば図2に示すように撮像部20B)に内蔵されている態様で説明するが、この態様に限定されない。例えば、他の実施形態においては、主制御部20Cが車種判別装置10の他の検出用装置(例えば車両検知器10A)に内蔵されていてもよいし、ネットワーク上に接続された車種判別装置10以外の装置に内蔵されていてもよい。

[0044] 記憶部20Dは、タイヤパターンの判定を行うための情報を蓄積するための記憶デバイスである。本実施形態においては、記憶部20Dはタイヤパターン判定装置20に設けられているが、他の実施形態においては、記憶部20Dをネットワークで接続された外部サーバ等に設けてもよい。

[0045] (車種判別装置の機能)

図3は本発明の第1の実施形態に係る車種判別装置のブロック図である。

車種判別装置10は、図3に示すように、車両検知器10Aと、ナンバープレート認識部10Bと、車種区分判別部10Cと、タイヤパターン判定装置20とを備えている。

[0046] 車両検知器10Aは、車両Aが車線Lに進入したことを検出可能な車両進入情報D5と、車両Aが車両検知器10Aを通過したことを検出可能な車両通過情報D6とを車種区分判別部10C及びタイヤパターン判定装置20へ出力する。

また、ナンバープレート認識部10Bは、取得したナンバープレート情報D2を車種区分判別部10Cへ出力する。

[0047] タイヤパターン判定装置20は、図3に示すように、照明部20Aと、撮像部20Bと、主制御部20Cと、記憶部20Dとを備えている。

主制御部20Cは、ホイール検出部202と、タイヤ判定部203とを有している。

- [0048] 照明部20Aは、常時、所定の照射範囲に対して検出光を照射する。
- 撮像部20Bは、所定の撮像範囲を一定の間隔で連続して撮像し、画像D11を取得する。撮像部20Bは、取得した画像D11をホイール検出部202に出力する。
- [0049] ホイール検出部202は、撮像部20Bから受信した各画像D11に車両AのホイールWが含まれるか否かを判断し、ホイールWが含まれている画像D11を抽出する。
- [0050] 本実施形態において、記憶部20Dは、ホイールWを検出するためのデータとして、予め取得した複数のシングルタイヤT1及びダブルタイヤT2のホイールWの画像を、サンプル画像D12として蓄積している。ホイール検出部202は、撮像部20Bから受信した画像D11の特徴点と、記憶部20Dに蓄積されているサンプル画像D12の特徴点とを比較することにより、当該画像D11にホイールWが含まれているか否かを検出する。ここで比較される特徴点は、ホイールWの検出が可能であれば、輪郭、ヒストグラム等、どのような特徴点を比較してもよい。また、本実施形態においてはホイール検出部202は車両AのホイールWを検出するが、他の実施形態においては、タイヤTを検出してもよいし、タイヤT及びホイールWの双方を検出してもよい。
- [0051] ホイール検出部202は、画像D11に車両AのホイールWが含まれると判断した場合、当該画像D11を抽出し、当該画像D11上のホイールWが撮像されている領域の座標の情報と共に、タイヤ判定部203に出力する。
- [0052] なお、画像D11は、撮像部20Bにより一定の間隔で連続して撮像されているため、同一のホイールWが複数の画像D11に含まれている場合がある。このため、ホイール検出部202は、各画像D11を比較して、ホイールが検出されてから、当該ホイールが検出されなくなるまでの画像D11を、一つのホイールWの画像D11として割り当てる。これにより、タイヤ判

定部203は、取得した画像D11のうち、どの画像D11がどのホイールWに関連するものであるかを判断することができる。また、一つの画像D11に複数のホイールWが検出された場合は、同一の画像D11を各ホイールWのそれぞれに割り当てるようにしてもよい。この場合、ホイールW毎に識別番号を設定し、一つ目のホイールWの識別番号と共に画像D11を出力し、二つ目のホイールWの識別番号と共に同一の画像D11を出力するようにしてもよい。これにより、タイヤ判定部203は、取得した画像D11のうち、どの画像D11がどのホイールWのものであるかを判断することができる。また、当該画像D11上のホイールWが撮像されている領域の座標の情報に、各ホイールWの識別番号を含めてもよい。これにより、タイヤ判定部203は、取得した画像D11のうち、どの領域の座標がどのホイールWのものであるかを判断することができる。

[0053] タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した画像D11に含まれるホイールWに基づいて、当該ホイールWに対応するタイヤTの連設数D3を判定する。

図4Aは本発明の第1の実施形態に係るタイヤTに検出光を照射した際の例を示す側面図であり、シングルタイヤT1の例を示す。図4Bは本発明の第1の実施形態に係るタイヤTに検出光を照射した際の例を示す側面図であり、ダブルタイヤT2の例を示す。

また、図5Aは本発明の第1の実施形態に係るタイヤTに検出光を照射した際の例を示す断面図であり、シングルタイヤT1の例を示す。図5Aは本発明の第1の実施形態に係るタイヤTに検出光を照射した際の例を示す断面図であり、ダブルタイヤT2の例を示す。

[0054] 図4A及び図5Aに示すように、シングルタイヤT1のホイールWは、車軸Sを中心とした略円筒形状を有するリム301と、車軸Sを中心とした略円盤形状を有し、径方向内方側の表面の一部が突出する凸部を有するディスク302とから構成されている。

図5Aに示すように、シングルタイヤT1におけるディスク302は、リ

ム301の車両Aの外側（図5Aにおける+Y側）の端部に、凸部を車両Aの外側（図5Aにおける+Y側）に向けた状態で設けられている。

従って、シングルタイヤT1のホイールWは、車両Aの外側（図5Aにおける+Y側）から見た場合、車両Aの外側を向く表面が、車両Aの外側に向かって突出する凸形状となる。

[0055] また、ダブルタイヤT2は、図5Bに示すように、二つのホイールWのディスク302同士を連結して形成されたタイヤである。

図4B及び図5Bに示すように、ダブルタイヤT2のホイールWは、シングルタイヤT1と同様に、車軸Sを中心とした略円盤形状を有し、径方向内方側の表面の一部が突出する凸部を有するディスク302とから構成されている。図5Bに示すように、ダブルタイヤT2のホイールWのうち、車両Aの外側に配置されるホイールWのディスク302は、リム301の車両Aの内側（図5Bにおける-Y側）の端部に、凸部を車両Aの内側（図5Bにおける-Y側）に向けた状態で設けられている。従って、ダブルタイヤT2のホイールWは、車両Aの外側（図5Bにおける+Y側）から見た場合、車両Aの外側を向く表面が、車両Aの内側（図5Bにおける-Y側）に向かって窪んだ凹形状となる。つまり、ダブルタイヤT2の車両Aの外側に配置されるホイールWは、シングルタイヤT1のホイールWを車両Aの幅方向（図5A及び図5BにおけるY方向）に反転させたものである。

[0056] このように、シングルタイヤT1及びダブルタイヤT2は、ホイールWの車両Aの外側（図5A及び図5Bにおける+Y側）から見える形状が異なっている。本発明に係るタイヤパターン判定装置20は、当該ホイールWの、車両Aの外側から見える形状の相違に基づいて、シングルタイヤT1とダブルタイヤT2とのいずれのタイヤであるかを判定するものである。

本実施形態においては、照射部20AがホイールWに対して検出光を照射することにより、当該相違を検出している。更に、照明部20Aが、照射方向を車線Lの幅方向（図2におけるY方向）に対して傾斜させて検出光を照射することにより、当該相違をより検出しやすくしている。

[0057] 具体的には、シングルタイヤT1に対して、進行方向奥側（図4A及び図5Aにおける+X側）から検出光が照射されると、シングルタイヤT1のホイールWの、車両Aの外側から見える形状（凸形状）の特徴に基づいて、ディスク302の照明部20A側を向く表面において、進行方向手前側（図4A及び図5Aにおける-X側）に検出光が当たらない暗部R1が形成され、進行方向奥側（図4A及び図5Aにおける+X側）に検出光が直接当たる明部R2が形成されるという、暗部R1及び明部R2の分布（形成される位置）の規則性が表れる。

[0058] また、ダブルタイヤT2に対して、進行方向奥側（図4B及び図5Bにおける+X側）から進行方向手前側（図4B及び図5Bにおける-X側）に向かって検出光が照射されると、ダブルタイヤT2のホイールWの、車両Aの外側から見える形状（凹形状）の特徴に基づいて、ディスク302の照明部20A側を向く表面において、進行方向奥側（図4B及び図5Bにおける+X側）に検出光が当たらない暗部R1が形成され、進行方向手前側（図4B及び図5Bにおける-X側）に検出光が直接当たる明部R2が形成されるという、暗部R1及び明部R2の分布（形成される位置）の規則性が表れる。

[0059] このように、シングルタイヤT1及びダブルタイヤT2は、照明部20Aが設けられている車線Lの幅方向他方側（図5A及び図5Bにおける+Y側）から見た場合、異なる形状のホイールWを有している。そして、シングルタイヤT1及びダブルタイヤT2では、照明部20Aから検出光が照射された際、それぞれのホイールWの車両Aの外側から見える形状の特徴に応じて、ホイールWのディスク302上に形成される暗部R1及び明部R2の分布の規則性が異なっている。

[0060] 撮像部20Bにより撮像対象であるホイールWの撮像を行うと、暗部R1より検出される反射光は弱いため、暗部R1は画像D11上において暗く（濃度値が低く）表される。明部R2より検出される反射光は強いため、明部R2は画像D11上において明るく（濃度値が高く）表される。

従って、シングルタイヤT1のホイールWを撮像した画像D11上におい

ては、進行方向奥側（図4 A及び図5 Aにおける+ X側）に明部R 2（濃度値が高い部分）が表され、進行方向手前側（図4 A及び図5 Aにおける+ X側）に暗部R 1（濃度値が低い部分）が表される。一方、ダブルタイヤT 2のホイールWを撮像した画像D 1 1上においては、進行方向奥側（図4 B及び図5 Bにおける+ X側）に暗部R 1（濃度値が低い部分）が表され、進行方向手前側（図4 B及び図5 Bにおける+ X側）に明部R 2（濃度値が高い部分）が表される。

[0061] このように、検出光を照射することによりホイールWの表面に形成される暗部R 1及び明部R 2の分布の規則性は、撮像部2 0 Bにより取得された画像D 1 1上にも表される。

[0062] タイヤ判定部2 0 3は、車両Aの外側から見えるシングルタイヤT 1のホイールWの凸形状と、車両Aの外側から見えるダブルタイヤT 2のホイールWの凹形状と、に起因して生じる暗部R 1及び明部R 2の分布の規則性に基づいて、当該車両AのタイヤTの連設数D 3を判定する。

具体的には、タイヤ判定部2 0 3は、ホイール検出部2 0 2から受信した各画像D 1 1について、当該画像D 1 1に撮像されているホイールWの暗部R 1及び明部R 2の分布の規則性に基づいて、以下のようにシングルタイヤT 1及びダブルタイヤT 2の何れの分布の規則性に近似しているかを判定する。

[0063] タイヤ判定部2 0 3は、例えば、ホイール検出部2 0 2から受信したホイールWが撮像されている領域の座標を参照し、当該領域の濃度値を検出する。当該領域において、進行方向奥側（図4 A及び図5 Aにおける+ X側）に濃度値が高い明部R 2が検出され、進行方向手前側（図4 A及び図5 Aにおける- X側）に濃度値が低い暗部R 1が検出された場合は、当該ホイールWはシングルタイヤT 1のホイールWであると判定し、タイヤTの連設数D 3は「1」であると判定する。また、当該領域において、進行方向奥側（図4 B及び図5 Bにおける+ X側）に濃度値が低い暗部R 1が検出され、進行方向手前側（図4 B及び図5 Bにおける- X側）に濃度値が高い明部R 2が検

出された場合は、当該ホイールWはダブルタイヤT2のホイールWであると判定し、タイヤTの連設数D3は「2」であると判定する。

なお、同一のホイールWに割り当てられている画像D11は複数あるため、タイヤ判定部203は、これら複数の画像D11について、同様の処理を行い、タイヤTの連設数D3を判定する。複数の画像D11は、それぞれホイールWが撮像されている位置が異なるため、タイヤ判定部203の各画像D11に対する判定結果として、異なるタイヤTの連設数D3の値が判定される場合がある。この場合、最も多い判定結果（タイヤTの連設数D3の値）を、当該ホイールWに対応するタイヤTの連設数D3であると判定する。例えば、同一のホイールWに割り当てられた複数の画像D11について、タイヤTの連設数D3が「1」と判定された判定結果よりも、タイヤTの連設数D3が「2」と判定された判定結果の方が多い場合は、当該ホイールWに対応するタイヤTの連設数D3は「2」であると判定する。

[0064] なお、他の実施形態においては、取得した画像D11と、記憶部20Dに記憶された複数のサンプル画像D12とを比較することにより、シングルタイヤT1及びダブルタイヤT2の何れの分布の規則性に近似しているかを判定してもよい。

[0065] また、タイヤ判定部203は、このように判定したタイヤTの連設数D3を、記憶部20Dに記録する。

タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両Aの車両進入情報D5を受信すると、前回車両通過情報D6を受信してから次の車両通過情報D6を受信するまでの間に判定したタイヤTの連設数D3は、車両AのタイヤTの連設数D3であると判断する。このため、タイヤ判定部203は、前回車両通過情報D6を受信してから車両Aの車両進入情報D5を受信するまでの間に判定されたタイヤTの連設数D3を、記憶部20Dより取得して、車種判別装置10の車種区分判別部10Cに出力する。また、タイヤ判定部203は、当該車両Aの車両通過情報D6を受信するまでの間、判定したタイヤTの連設数D3を車種区分判別部10Cに出力する。

タイヤ判定部203は、車両Aの車両通過情報D6を受信すると、タイヤTの連設数D3の出力を停止する。

なお、タイヤ判定部203は、画像D11より検出したホイールWの数を車両Aの車軸数として、車種区分別部10Cに出力してもよい。

[0066] 次に、タイヤパターン判定装置20によるタイヤ判定の手順を、図6を参照して説明する。

図6は本発明の第1の実施形態に係るタイヤパターンの判定手順を示すフローチャートである。

[0067] (ステップST101:タイヤの連設数の判定)

本実施形態において、照明部20Aは、常時、所定の照射範囲に検出光を照射する。また、撮像部20Bは、所定の撮像範囲を一定の間隔で連続して撮像することにより、照明部20Aから照射された検出光が反射された反射光を検出し、当該反射光の検出結果に基づき画像D11を取得する。撮像部20Bは、取得した画像D11をホイール検出部202に出力する。

ホイール検出部202は、撮像部20Bから受信した各画像D11のうち、車両AのホイールWが含まれていると判断された画像D11を抽出して、当該画像D11上のホイールWが撮像されている領域の座標の情報と共に、タイヤ判定部203に出力する。

タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した各画像D11について、ホイールWが撮像されている領域の座標を参照し、当該領域の濃度値を検出する。タイヤ判定部203は、検出された濃度値より、当該画像D11に撮像されているホイールWの暗部R1及び明部R2の分布の規則性を検出する。タイヤ判定部203は、当該規則性に基づいて、タイヤTの連設数D3を判定する(ステップST101)。そして、タイヤ判定部203は、判定したタイヤTの連設数D3を記憶部20Dに記憶する。

[0068] (ステップST102:車両進入検知)

タイヤ判定部203は、車両検知器10Aが車両Aの進入を検知したかどうかを判断する(ステップST102)。タイヤ判定部203は、車両検知

器10Aから車両進入情報D5を受信した場合（ステップST102：Yes）、ステップST103に進む。また、タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両進入情報D5を受信していない場合（ステップST102：No）、ステップST101に戻る。

[0069]（ステップST103：記録されているタイヤの連設数を車両Aに割り当てる）

タイヤ判定部203は、当該車両進入情報D5を受信するよりも前に車両通過情報D6を受信してから、当該車両進入情報D5を受信するまでの期間において判定されたタイヤTの連設数D3は、当該車両AのタイヤTの連設数D3であると判断する。そして、タイヤ判定部203は、記憶部20Dに記憶されているタイヤTの連設数D3のうち、当該期間において判定されたタイヤTの連設数D3を、車両AのタイヤTの連設数D3として割り当てる（ステップST103）。タイヤ判定部203は、車両Aに割り当てられたタイヤTの連設数D3を記憶部から取得して、車種区分判別部10Cに出力する。

[0070]（ステップST104：タイヤの連設数の判定）

ステップST101と同様に、照明部20Aは所定の照射範囲に検出光を照射し、撮像部20Bは所定の撮像範囲の画像を一定の間隔で連続して取得し、ホイール検出部202に出力する。また、ホイール検出部202は、撮像部20Bから受信した各画像D11のうち、車両AのホイールWが含まれている画像D11を抽出し、当該画像D11上のホイールWが撮像されている領域の座標の情報と共に、タイヤ判定部203に出力する。タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した各画像D11について、ホイールWが撮像されている領域の座標を参照し、タイヤTの連設数D3を判定する（ステップST104）。

[0071]（ステップST105：判定されたタイヤの連設数を車両Aに割り当てる）

タイヤ判定部203は、ステップST104において判定されたタイヤTの連設数D3を、車両AのタイヤTの連設数D3として割り当てる（ステッ

プ S T 1 0 5)。タイヤ判定部 2 0 3 は、車両 A に割り当てられた当該タイヤ T の連設数 D 3 を車種区分判別部 1 0 C に出力する。

[0072] (ステップ S T 1 0 6 : 車両通過検知)

次に、タイヤ判定部 2 0 3 は、車両検知器 1 0 A が車両 A の通過を検知したかどうかを判断する (ステップ S T 1 0 6)。タイヤ判定部 2 0 3 は、車両検知器 1 0 A から車両通過情報 D 6 を受信した場合 (ステップ S T 1 0 6 : Y e s)、以降のタイミングで判定されたタイヤ T の連設数 D 3 は車両 A のタイヤ T の連設数 D 3 ではないと判断する。そして、タイヤ判定部 2 0 3 は、以降のタイミングで判定されたタイヤ T の連設数 D 3 の車両 A への割り当てを停止し、ステップ S T 1 0 1 へ戻る。また、タイヤ判定部 2 0 3 は、車両検知器 1 0 A から車両通過情報 D 6 を受信していない場合 (ステップ S T 1 0 6 : N o)、ステップ S T 1 0 4 に戻る。

[0073] (作用効果)

上述したタイヤパターン判定装置 2 0 によれば、照明部 2 0 A は、車両 A のホイール W に相当する高さに検出光を照射する。また、撮像部 2 0 B は、検出光が照射されているホイール W を一定の間隔で連続して撮像することにより、ホイール W による当該検出光の反射光を検出し、当該反射光の検出結果に基づく画像 D 1 1 を取得する。タイヤ判定部 2 0 3 は、このように取得された画像 D 1 1 より、車両 A のホイール W の車両 A の外側から見える形状に応じた反射光の検出結果に基づいて、タイヤ T の連設数 D 3 を判定する。つまり、車両 A のタイヤ T がシングルタイヤ T 1 であるか、ダブルタイヤ T 2 であるかを判定する。

上述したタイヤパターン判定装置 2 0 は、照明部 2 0 A 及び撮像部 2 0 B を設置するのみで、車種の判別に必要な情報の一つであるタイヤ T の連設数 D 3 を判定することができる。このため、車種区分 D 1 の判別に必要な情報を検出する検出用装置である踏板を路面に埋設できない料金所や、踏板から料金自動収受機 1 1 までのスペースが十分確保できない料金所等、立地条件に制限がある料金所であっても、タイヤパターン判定装置 2 0 を設置するこ

とが可能である。この結果、立地条件に制限があり、車種を判別するための情報が踏板より十分得られない料金所であっても、タイヤ判定部203が判定したタイヤTの連設数D3に基づいて車種の判別を行うことが可能となる。

[0074] また、上述したタイヤパターン判定装置20によれば、照明部20Aは、車両AのホイールWを含む照射範囲に検出光を照射する。

これにより、ホイールWには、ホイールWの形状に応じて、検出光が照射されていない暗部R1と、検出光が照射されている明部R2とが形成される。つまり、ホイールWの車両Aの外側から見える形状の特徴を、暗部R1及び明部R2の分布として表すことができる。

この結果、タイヤ判定部203は、撮像部20Bが取得した画像D11上に表されたホイールWの暗部R1及び明部R2の分布の規則性により、ホイールWの車両Aの外側から見える形状の特徴を認識して、当該特徴に応じたタイヤTの連設数D3を判定することができる。

[0075] また、車両AのホイールWは、車両Aの車体下部に配置されているため、撮像部20BでホイールWを撮像するだけでは、撮像された画像D11上においてホイールW全体が暗く（濃度値が低く）撮像されたり等、ホイールWの車両Aの外側から見える形状の特徴を検出することが困難な場合がある。

しかしながら、上述のように、照明部20Aは、照射方向を車線Lの幅方向（図2におけるY方向）に対して傾斜させて検出光を照射するように配置されていることにより、検出光が照射されたホイールWのディスク302において暗部R1及び明部R2をより明瞭に形成することができる。

このため、撮像部20Bにより、当該ホイールWの車両Aの外側から見える形状の特徴を、暗部R1及び明部R2の分布（暗部R1及び明部R2が形成される位置）を表す画像D11として取得することが可能となる。この結果、タイヤ判定部203は、シングルタイヤT1とダブルタイヤT2とでは当該暗部R1及び明部R2の分布の規則性が異なっているという知見に基づき、当該画像D11が、シングルタイヤT1のホイールWの車両Aの外側か

ら見える形状（凸形状）の特徴と、ダブルタイヤT2のホイールWの車両Aの外側から見える形状（凹形状）の特徴と、何れの特徴を有しているかを認識することができる。タイヤ判定部203は、当該特徴を認識することにより、当該ホイールWの車両Aの外側から見える形状に応じたタイヤTの連設数D3を判定することが可能となる。

[0076] また、上述したタイヤパターン判定装置20によれば、所定の照射範囲に検出光を照射する。所定の照射範囲は、照明部20Aよりも車線Lの進行方向手前側（図2における-X側）の領域であって、車両AのホイールWに相当する高さが含まれる範囲に設定されている。

例えば、踏板を埋設することが可能な料金所であっても、料金所の設置スペースが十分ではなく、車種判別装置10と料金自動収受機11との距離を車両Aの最大車長（例えば18m）以上確保することが困難な場合がある。この場合、車種判別装置10と料金自動収受機11との距離よりも車長が長い車両Aは、すべてのタイヤTが踏板を通過する前に、車両Aの運転席が料金自動収受機11に到達してしまう。そのため、車種判別装置10は、車軸数の取得が完了する前に車種の判別を行わなければならない、車長の長い車両Aについては、車種の判別を行うための情報が不足し、車種の判別が正しく行えない可能性がある。

しかしながら、照明部20Aは、上述のように所定の照射範囲が設定されているため、車両Aの進行方向手前側（図2における-X側）に配置されているホイールWに対し、検出光の照射を行うことができる。従って、車種の判別に必要な情報を検出する検出用装置を設置するスペースが十分確保できない料金所であっても、車両Aの利用料金を確定する前に、当該車両Aの最も進行方向手前側（図2における-X側）に配置されているホイールWまで検出光の照射を行うことができる。この結果、車両Aの進行方向手前側（図2における-X側）に配置されている各ホイールWの形状の特徴を認識して、当該ホイールWの車両Aの外側から見える形状に応じたタイヤTの連設数D3を判定することが可能となる。車種区分判別部10Cは、このように判

定された車両Aの各タイヤTの連設数D3と、ナンバープレート認識部10Bより取得したナンバープレート情報D2とに基づき、当該車両Aの車種区分D1を判別する。ここで、車両の車種等に応じて、どの車軸にシングルタイヤ及びダブルタイヤの何れが取り付けられるかを示す連設数パターンには傾向がある。例えば、四つの車軸を有する、ある車種においては、一軸目にシングルタイヤが取り付けられており、二軸目から四軸目にダブルタイヤが取り付けられているという連設数パターンを有する場合がある。このため、車種区分判別部10Cは、このような連設数パターンを予め学習しておくことにより、タイヤTの連設数D3に基づいて車種区分D1の判別の精度を向上させることが可能である。

なお、照明部20A及び撮像部20Bの設置位置によっては、車両Aの最も進行方向手前側（図2における-X側）に配置されているタイヤTの連設数D3を判定することが困難な場合がある。しかしながら、車種区分判別部10Cは、上述のように連設数パターンを学習していることにより、既に取得済みのタイヤTの連設数D3と、連設数パターンとに基づいて、取得されていないタイヤの連設数を推測するようにしてもよい。例えば車両Aの一軸目のタイヤTがシングルタイヤT1であり、二軸目及び三軸目のタイヤTがダブルタイヤT2であると判定されたが、四軸目のタイヤTが撮像部20Bにより撮像できず不明である可能性がある。このような場合であっても、車種区分判別部10Cは、一軸目～三軸目のタイヤTの連設数D3と連設数パターンとに基づいて、四軸目のタイヤTの連設数D3はダブルタイヤT2である可能性が高いと推測する。これによっても、車種区分D1の判別の精度を向上させることが可能である。

[0077] なお、本実施形態において、所定の撮像範囲は、撮像部20Bが設けられている位置から車線Lの進行方向手前側（図2における-X側）の領域であって、照明部20Aの照射範囲を含むように設定されている例について説明したが、これに限られることはない。

例えば二台の車両が近接追走している場合、所定の撮像範囲に二台の車両

が含まれてしまうことがある。このため、撮像部20Bは、所定の撮像範囲を車両検知器10Aに近づけるように設定してもよい。また、撮像部20Bは、所定の撮像範囲を予め想定される最小車両間隔よりも狭く調整し、車両検知器10Aが車両Aの通過を検知したときに、当該車両Aの後続車両のタイヤが撮像されないように設定してもよい。

[0078] <第2の実施形態>

(車種判別装置の構成)

次に、本発明の第2の実施形態に係る料金收受設備1について図面を参照して説明する。なお、第1の実施形態と共通の構成には同一の符号を付して詳細説明を省略する。

図7は本発明の第2の実施形態に係る料金收受設備1の概略図である。

図7に示すように、第2の実施形態に係る車種判別装置10のタイヤパターン判定装置20は、照明部20A(照射部)及び撮像部20B(検出部)に代えて、レーザスキャンセンサ20E(照射部及び検出部)を備えている点において、第1の実施形態と異なっている。

[0079] レーザスキャンセンサ20Eは、料金自動收受機11とは、車線Lを挟んで反対側のアイランドI上に設けられている。本実施形態においては、レーザスキャンセンサ20Eは、図7に示すように、車線Lの幅方向他方側(図7における+Y側)のアイランドI上に設けられている。本実施形態において、レーザスキャンセンサ20Eは、車両Aの幅方向他方側(図7における+Y側)に配置されたホイールWを照射対象として、レーザスキャン(検出光の照射及び反射光の検出し、当該反射光の検出結果に基づいて検出光を照射したレーザスキャンセンサ20EからホイールWまでの距離を、検出光が照射された角度毎に測定する)を行う。

なお、本実施形態において、レーザスキャンセンサ20Eが照射する検出光は、レーザ光である。

[0080] レーザスキャンセンサ20Eは、所定の照射範囲に検出光を照射する。所定の照射範囲は、レーザスキャンセンサ20Eよりも車線Lの進行方向手前

側（図7における-X側）の領域であって、車両AのホイールWに相当する高さが含まれる範囲に設定されている。

レーザスキャンセンサ20Eは、検出光の照射方向（レーザスキャンセンサ20Eと照射範囲の中心とを結ぶ仮想線に沿う方向）が進行方向手前側（図7における-X側）を向くように、当該照射方向と車線Lの進行方向（図7におけるX方向）とが約45度の角度で交差するように配置されている。そして、所定の照射範囲は、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）に沿ってホイールWの下端部から上端部までの範囲を含むように設定されている。

レーザスキャンセンサ20Eは、当該所定の照射範囲において、車線Lの進行方向（図7におけるX方向）における角度を一定とした状態で、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）に沿って、異なる複数の高さで検出光を照射する。

なお、本実施形態において、レーザスキャンセンサ20Eにより複数の高さでレーザスキャンを行う例について説明するが、これに限られることはない。他の実施形態においては、複数のレーザスキャンセンサを高さ方向（図7におけるZ方向）に並べる構成であってもよい。この場合、各レーザスキャンセンサはレーザ光を照射して、当該レーザ光の反射光を検出することにより、各レーザスキャンセンサとレーザ光の照射位置との距離を計測する。このような構成によるレーザ光の照射、反射光の検出及び距離の計測を、レーザスキャンとして行ってもよい。

[0081] なお、車両Aの車種に応じて、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）におけるタイヤT及びホイールWの位置が相違することが考えられる。このため、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）における位置を一定とした状態で、車線Lの進行方向（図7におけるX方向）に沿って異なる複数の高さで検出光を照射した場合、車両AのホイールWが配置されている高さ方向における位置が、検出光を照射する高さ方向における位置よりも高い又は低い場合、ホイールWに検出光が正しく照射できない可能性がある。例えば、

ホイールWが配置されている高さ方向における位置が、検出光を照射する高さ方向における位置よりも低い場合、検出光はホイールWではなく、車両AのタイヤTの上部や車体に照射されてしまい、ホイールWに照射されない可能性がある。

しかしながら、本実施形態においては、レーザスキャンセンサ20Eは、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）に沿って、異なる複数の高さで検出光の照射を行うため、車両AのホイールWが配置されている位置が変位しても、検出光が照射される高さ方向（図7におけるZ方向）における照射範囲の何れかの位置にホイールWが配置されている位置を含むようにすることができる。このため、レーザスキャンセンサ20Eは、ホイールWの高さ方向（図7におけるZ方向）における下端部から上端部まで検出光を照射することができ、ホイールWの形状の特徴を認識するのに十分な反射光の検出結果を得ることが可能となる。

なお、検出光の所定の照射範囲は、車両Aのホイールの配置や、車両Aの車線L上の走行位置が変位することを考慮して、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）における範囲を広く設定するようにしてもよい。また、レーザスキャンセンサ20Eの照射方向は、料金収受設備1の配置に応じて異なる照射方向及び照射範囲が設定されていてもよい。更に、別途カメラを設けて路面上を走行する車両Aを撮像して画像を取得し、当該画像の画像処理を行うことによって、照射範囲を自動的に設定するようにしてもよい。当該カメラは、ナンバープレート認識部10Bで代用するようにしてもよい。また、管理者等が照射範囲を手動で設定するようにしてもよい。

[0082] レーザスキャンセンサ20Eは、上記のように異なる複数の高さで照射された検出光がホイールWにより反射された反射光を、検出光が照射された角度毎に検出する。レーザスキャンセンサ20Eは、当該反射光の検出結果に基づいて、検出光を照射したレーザスキャンセンサ20EからホイールWまでの距離を、検出光が照射された角度毎に測定する。

[0083] 主制御部20Cは、レーザスキャンセンサ20Eが測定した、検出光が照

射された角度毎の距離を示す複数の測定結果に基づき、ホイールWの車両Aの外側から見える形状に応じた車両AのタイヤTの連設数D3を判定する。

なお、本実施形態において、主制御部20Cがタイヤパターン判定装置20（例えば図7に示すようにレーザスキャンセンサ20E）に内蔵されている態様で説明するが、この態様に限定されない。例えば、他の実施形態においては、主制御部20Cが車種判別装置10の他の検出用装置（例えば車両検知器10A）に内蔵されていてもよいし、ネットワーク上に接続された車種判別装置10以外の装置に内蔵されていてもよい。

[0084] （車種判別装置の機能）

図8は本発明の第2の実施形態に係る車種判別装置10のブロック図である。

車種判別装置10は、図8に示すように、車両検知器10Aと、ナンバープレート認識部10Bと、車種区分判別部10Cと、タイヤパターン判定装置20とを備えている。

[0085] 第2の実施形態に係るタイヤパターン判定装置20は、第1の実施形態の照明部20A及び撮像部20Bに代えて、レーザスキャンセンサ20Eを備えている。また、タイヤパターン判定装置20は、主制御部20Cと記憶部20Dとを備えている。

第2の実施形態に係る主制御部20Cは、第1の実施形態と同様にホイール検出部202と、タイヤ判定部203とを有している。

[0086] 図9Aは本発明の第2の実施形態に係るタイヤTの検出スキャンパターンD13の例を示す図であり、シングルタイヤT1の例を示す。図9Bは本発明の第2の実施形態に係るタイヤTの検出スキャンパターンD13の例を示す図であり、ダブルタイヤT2の例を示す。

レーザスキャンセンサ20Eは、常時、所定の照射範囲に対して検出光を照射し、また、当該検出光が反射された反射光を検出する。本実施形態では、図9A及び図9BにおいてZ方向に延びる破線で示すように、タイヤTの高さ方向（図9A及び図9BにおけるZ方向）に沿って検出光の照射を行う

。

レーザスキャンセンサ20Eは、図8に示すように、所定の照射範囲に対する検出光の照射及び反射光の検出を行う毎に、当該反射光の検出結果に基づいて、レーザスキャンセンサ20EからホイールWまでの距離を測定した複数の測定結果（スキャンパターン）を、検出スキャンパターンD13としてホイール検出部202に出力する。

[0087] ホイール検出部202は、レーザスキャンセンサ20Eから受信した各検出スキャンパターンD13に車両AのホイールWが含まれるか否かを判断し、ホイールWが含まれている検出スキャンパターンD13を抽出する。

[0088] 本実施形態において、記憶部20Dは、ホイールWを検出するためのデータとして、予め取得した複数のシングルタイヤT1及びダブルタイヤT2のホイールWのスキャンパターンを、参照スキャンパターンD14として蓄積している。

ホイール検出部202は、レーザスキャンセンサ20Eから受信した検出スキャンパターンD13の特徴点と、記憶部20Dに蓄積されている参照スキャンパターンD14の特徴点とを比較することにより、当該検出スキャンパターンD13にホイールWが含まれているか否かを検出する。

なお、本実施形態においてはホイール検出部202は車両AのホイールWを検出するが、他の実施形態においては、タイヤTを検出してもよいし、タイヤT及びホイールWの双方を検出してもよい。

また、本実施形態においては、検出スキャンパターンD13と参照スキャンパターンD14とを比較することにより、ホイールWが含まれているか否かを検出するが、これに限られることはない。他の実施形態においては、ホイール検出部202は、タイヤTのゴムで形成されたタイヤ部はレーザ光の反射率が小さいことを利用し、当該反射率の小さい範囲にタイヤ部があると判断するようにしてもよい。具体的には、ホイール検出部202は、各検出スキャンパターンD13に示される反射受光量と、当該検出スキャンパターンD13よりも前に取得された検出スキャンパターンの反射受光量とを比較

する。例えば車両AのホイールWの進行方向奥側（図9における+X側）の端部付近をレーザスキャンしている場合、検出スキャンパターンD13の中央領域にはホイールWが含まれ、当該検出スキャンパターンD13の前の検出スキャンパターンの中央領域にはホイールWではなくタイヤ部が含まれる。このため、当該検出スキャンパターンD13の反射受光量は、当該検出スキャンパターンD13より前の検出スキャンパターンよりも大きい。このように各検出スキャンパターンD13の反射受光量を比較することにより、中央領域の反射受光量が一定の基準値よりも大きく増加している場合は、車両AのホイールWを検出したと判断するようにしてもよい。また、例えば車両AのタイヤTの中央付近をレーザスキャンしている場合、検出スキャンパターンD13の上下領域にはタイヤ部が存在し、検出スキャンパターンD13の中央領域にホイールWが存在する。このため、当該検出スキャンパターンD13では、中央領域の反射受光量が上下領域の反射受光量に対し一定の基準値よりも大きく増加している場合、当該上下領域にタイヤ部が存在し、中央領域にホイールWが存在すると判断することができる。ホイール検出部202は、このように各検出スキャンパターンD13を比較することにより、ホイールWを検出するようにしてもよい。

[0089] ホイール検出部202は、検出スキャンパターンD13に車両AのホイールWが含まれると判断した場合、当該検出スキャンパターンD13を抽出し、タイヤ判定部203に出力する。

[0090] なお、検出スキャンパターンD13は、レーザスキャンセンサ20Eにより連続して複数回出力されるため、同一のホイールWが複数の検出スキャンパターンD13に含まれている場合がある。このため、ホイール検出部202は、各検出スキャンパターンD13を比較して、ホイールWが検出されてから、当該ホイールWが検出されなくなるまでの検出スキャンパターンD13を、一つのホイールWの検出スキャンパターンD13として割り当てる。この場合、ホイールW毎に識別番号を設定し、当該ホイールWに割り当てられた検出スキャンパターンD13に当該識別番号を付すようにしてもよい。

これにより、タイヤ判定部203は、取得した検出スキャンパターンD13のうち、どの検出スキャンパターンがどのホイールWのものであるかを判断することができる。

[0091] タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した検出スキャンパターンD13に含まれるホイールWの連設数D3を判定する。

[0092] 図9A及び図9Bは、レーザスキャンセンサ20Eにより、タイヤTのホイールWに検出光が照射された場合の検出スキャンパターンD13の例を示している。

図9A及び図9Bの縦軸は、レーザスキャンセンサ20Eが照射範囲（図9A及び図9Bに示すZ方向に延びる破線）において検出光を照射する際の、検出光が照射される角度 θ と計測された距離から算出される高さ方向の座標 z を表している。また、図9A及び図9Bの横軸は、検出光が照射される角度 θ に応じた反射光の検出結果に基づいて測定された、車線の幅方向における座標 y を表している。

[0093] シングルタイヤT1のホイールWは、第1の実施形態において説明したように、車両Aの外側（図5Aにおける+Y側）から見た場合、車両Aの外側を向く表面が、車両Aの外側に向かって突出する凸形状となる。

このため、シングルタイヤT1に検出光を照射した場合、図9Aに示すように、ホイールWが配置されている位置においては、タイヤTが配置されている位置と同様、座標 y の値は小さい値が測定される。つまり、シングルタイヤT1の検出スキャンパターンD13は、図9Aに示すようにホイールWが配置されている位置における座標 y の値のばらつきが小さいという規則性を有している。

[0094] 一方、ダブルタイヤT2のホイールWは、第1の実施形態において説明したように、車両Aの外側（図5Bにおける+Y側）から見た場合、車両Aの外側を向く表面が、車両Aの内側（図5Bにおける-Y側）に向かって窪んだ凹形状となる。

このため、ダブルタイヤT2に検出光を照射した場合、図9Bに示すよう

に、ホイールWが配置されている位置においては、タイヤTが配置されている位置に比べて座標yの値は大きい値が測定される。つまり、ダブルタイヤT2の検出スキャンパターンD13は、図9Bに示すように、両端において小さい値が測定され、中間において大きい値が測定されるなど、ホイールが配置されている位置における座標yの値のばらつきが大きいという規則性を有している。

[0095] このように、シングルタイヤT1とダブルタイヤT2は、レーザスキャンセンサ20Eにより測定される座標yの値のばらつきの規則性が異なる。

タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した検出スキャンパターンD13が、シングルタイヤT1及びダブルタイヤT2の何れの規則性を有しているかを判定する。

タイヤ判定部203は、ホイールWの検出スキャンパターンD13の座標yの値のばらつきが小さい場合は、当該ホイールWはシングルタイヤT1のホイールWであると判定し、タイヤTの連設数D3は「1」とであると判定する。また、タイヤ判定部203は、ホイールWの検出スキャンパターンD13の座標yの値のばらつきが大きい場合は、当該ホイールWはダブルタイヤT2のホイールWであると判定し、タイヤTの連設数D3は「2」とであると判定する。

なお、同一のホイールWに割り当てられている検出スキャンパターンD13は複数あるため、タイヤ判定部203は、これら複数の検出スキャンパターンD13について、同様の処理を行い、タイヤTの連設数D3を判定する。複数の検出スキャンパターンは、それぞれホイールW上のレーザスキャンを行った位置が異なるため、タイヤ判定部203の各検出スキャンパターンD13に対する判定結果として、異なるタイヤTの連設数D3の値が判定される場合がある。この場合、最も多い判定結果（タイヤTの連設数D3の値）を、当該ホイールWに対応するタイヤTの連設数D3であると判定する。例えば、同一のホイールWに割り当てられた複数の検出スキャンパターンD13について、タイヤTの連設数D3が「1」と判定された判定結果よりも

、タイヤTの連設数D3が「2」と判定された判定結果の方が多く場合は、当該ホイールWに対応するタイヤTの連設数D3は「2」とであると判定する。

[0096] なお、他の実施形態においては、検出スキャンパターンD13と、記憶部20Dに記憶された複数の参照スキャンパターンD14とを比較することにより、シングルタイヤT1及びダブルタイヤT2の何れのスキャンパターンに近似しているかを判定してもよい。

[0097] また、タイヤ判定部203は、このように判定したタイヤTの連設数D3を、記憶部20Dに記録する。

タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両Aの車両進入情報D5を受信すると、前回車両通過情報D6を受信してから次の車両通過情報D6を受信するまでの間に判定したタイヤTの連設数D3は、車両AのタイヤTの連設数D3であると判断する。このため、タイヤ判定部203は、前回車両通過情報D6を受信してから車両Aの車両進入情報D5を受信するまでの間に判定されたタイヤTの連設数D3を、記憶部20Dより取得して、車種判別装置10の車種区分判別部10Cに出力する。また、タイヤ判定部203は、当該車両Aの車両通過情報D6を受信するまでの間、判定したタイヤTの連設数D3を車種区分判別部10Cに出力する。

タイヤ判定部203は、車両Aの車両通過情報D6を受信すると、タイヤTの連設数D3の出力を停止する。

なお、タイヤ判定部203は、検出スキャンパターンD13より検出したホイールWの数を車両Aの車軸数として、車種区分判別部10Cに出力してもよい。

[0098] 次に、タイヤパターン判定装置20によるタイヤ判定の手順を、図10を参照して説明する。

図10は本発明の第2の実施形態に係るタイヤパターンの判定手順を示すフローチャートである。

[0099] (ステップST201：タイヤの連設数の判定)

レーザスキャンセンサ20Eは、常時、所定の照射範囲においてレーザスキャンを行う。また、レーザスキャンセンサ20Eは、レーザスキャンにおいて検出された検出スキャンパターンD13を、ホイール検出部202に出力する。

ホイール検出部202は、レーザスキャンセンサ20Eから受信した各検出スキャンパターンD13のうち、車両AのホイールWが含まれている検出スキャンパターンを抽出する。ホイール検出部202は、抽出された検出スキャンパターンD13をタイヤ判定部203に出力する。

タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した各検出スキャンパターンD13について、当該検出スキャンパターンD13が表す座標yの値のばらつきの規則性に基づいて、タイヤTの連設数D3を判定する（ステップST201）。そして、タイヤ判定部203は、判定したタイヤTの連設数D3を記憶部20Dに記憶する。

[0100]（ステップST202：車両進入検知）

タイヤ判定部203は、車両検知器10Aが車両Aの進入を検知したかどうかを判断する（ステップST202）。タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両進入情報D5を受信した場合（ステップST202：Yes）、ステップST203に進む。また、タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両進入情報D5を受信していない場合（ステップST202：No）、ステップST201に戻る。

[0101]（ステップST203：記録されているタイヤの連設数を車両Aに割り当てる）

タイヤ判定部203は、当該車両進入情報D5を受信するよりも前に車両通過情報D6を受信してから、当該車両進入情報D5を受信するまでの期間において判定されたタイヤTの連設数D3は、当該車両AのタイヤTの連設数D3であると判断する。そして、タイヤ判定部203は、記憶部20Dに記憶されているタイヤTの連設数D3のうち、当該期間において判定されたタイヤTの連設数D3を、車両AのタイヤTの連設数D3として割り当てる

(ステップST203)。タイヤ判定部203は、車両Aに割り当てられたタイヤTの連設数D3を記憶部から取得して、車種判別装置の車種区分判別部10Cに出力する。

[0102] (ステップST204：タイヤの連設数の判定)

ステップST201と同様に、レーザスキャンセンサ20Eは所定の範囲においてレーザスキャンを行い、ホイール検出部202に出力する。また、ホイール検出部202は、レーザスキャンセンサ20Eから受信した各検出スキャンパターンD13のうち、車両AのホイールWが含まれている検出スキャンパターンを抽出する。ホイール検出部202は、抽出された検出スキャンパターンD13をタイヤ判定部203に出力する。タイヤ判定部203は、ホイール検出部202から受信した各検出スキャンパターンD13について、当該検出スキャンパターンD13が表す座標yの値のばらつきの規則性に基づいて、タイヤTの連設数D3を判定する(ステップST204)。

[0103] (ステップST205：判定されたタイヤの連設数を車両Aに割り当て)

タイヤ判定部203は、ステップST204において判定されたタイヤTの連設数D3を、車両AのタイヤTの連設数D3として割り当てる(ステップST205)。タイヤ判定部203は、車両Aに割り当てられた当該タイヤTの連設数D3を車種判別装置の車種区分判別部10Cに出力する。

[0104] (ステップST206：車両通過検知)

次に、タイヤ判定部203は、車両検知器10Aが車両Aの通過を検知したかどうかを判断する(ステップST206)。タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両通過情報D6を受信した場合(ステップST206：Yes)、以降のタイミングで判定されたタイヤTの連設数D3は車両AのタイヤTの連設数D3ではないと判断する。そして、タイヤ判定部203は、以降のタイミングで判定されたタイヤTの連設数D3の車両Aへの割り当てを停止し、ステップST201へ戻る。また、タイヤ判定部203は、車両検知器10Aから車両通過情報D6を受信していない場合(ステップST206：No)、ステップST204に戻る。

[0105] (作用効果)

上述したタイヤパターン判定装置20によれば、レーザスキャンセンサ20Eは、車両AのホイールWに相当する高さに検出光を照射し、また、ホイールWによる当該検出光の反射光を検出し、当該反射光の検出結果に基づく検出スキャンパターンD13を取得する。タイヤ判定部203は、このように取得された検出スキャンパターンD13より、車両AのホイールWの車両Aの外側(図5A及び図5Bにおける+Y側)から見える形状に応じた反射光の検出結果に基づいて、タイヤTの連設数D3を判定する。つまり、車両AのタイヤTがシングルタイヤT1であるか、ダブルタイヤT2であるかを判定する。

上述したタイヤパターン判定装置20は、レーザスキャンセンサ20Eを設置するのみで、車種の判別に必要な情報の一つであるタイヤTの連設数D3を判定することができる。このため、車種区分D1の判別に必要な情報を検出する検出用装置である踏板を路面に埋設できない料金所や、踏板から料金自動収受機11までのスペースが十分確保できない料金所等、立地条件に制限がある料金所であっても、タイヤパターン判定装置20を設置することが可能である。

このため、このように立地条件に制限があり、検出用装置からの情報が十分得られない料金所であっても、タイヤ判定部203が判定したタイヤTの連設数D3に基づいて車種判別を行うことが可能となる。

[0106] また、上述したタイヤパターン判定装置20によれば、レーザスキャンセンサ20Eは、検出光としてレーザ光を照射する。レーザスキャンセンサ20Eは、ホイールWによる当該検出光の反射光を検出し、当該反射光の検出結果に基づいて、レーザスキャンセンサ20EからホイールWまでの距離を測定する。

車両Aの外側(図5A及び図5Bにおける+Y側)から見えるシングルタイヤT1のホイールWは凸形状であり、ダブルタイヤT2のホイールWは凹形状であるため、シングルタイヤT1のホイールWと、ダブルタイヤT2の

ホイールWとでは、検出スキャンパターンD 1 3に表れる座標 y の値のばらつきが相違している。具体的には、シングルタイヤT 1の検出スキャンパターンD 1 3は座標 y の値のばらつきが小さいという規則性を有し、ダブルタイヤT 2の検出スキャンパターンD 1 3は座標 y の値のばらつきが大きいという規則性を有している。タイヤ判定部2 0 3は、上記のように検出スキャンパターンD 1 3における座標 y のばらつきに基づいて、車両AのホイールWの形状の特徴を認識して、当該ホイールの形状に応じたタイヤTの連設数D 3を判定することができる。

[0107] また、上述したタイヤパターン判定装置2 0によれば、レーザスキャンセンサ2 0 Eは、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）に沿って、異なる複数の高さ（角度 θ ）で検出光の照射を行う。このとき、検出光の照射範囲は、車両Aの高さ方向（図7におけるZ方向）に沿ってタイヤTの下端部から上端部までの範囲を含むように設定されている。このため、車両AのホイールWが配置されている高さ方向における位置が変位しても、検出光が照射される高さ方向（図7におけるZ方向）における照射範囲の何れかの位置にホイールWが配置されている位置を含むようにすることができる。このため、レーザスキャンセンサ2 0 Eは、ホイールWの高さ方向（図7におけるZ方向）における下端部から上端部まで検出光を照射することができ、ホイールWの形状の特徴を認識するために十分な反射光の検出結果を得ることが可能となる。

[0108] また、上述したタイヤパターン判定装置2 0によれば、レーザスキャンセンサ2 0 Eは、所定の照射範囲に検出光を照射する。所定の照射範囲は、レーザスキャンセンサ2 0 Eよりも車線Lの進行方向手前側（図7における-X側）の領域であって、車両AのホイールWに相当する高さが含まれる範囲に設定されている。

所定の照射範囲を、レーザスキャンセンサ2 0 Eよりも車線Lの進行方向手前側（図7における-X側）の領域に設定することにより、車両Aの進行方向手前側（図7における-X側）に配置されているホイールWの検出スキャン

キャンパターンD13を取得することができる。このため、車両検知器10Aから料金自動収受機11までの距離が、車両の最大車長（例えば18m）よりも短い場合であっても、車両Aの運転席が料金自動収受機11に到達する前に、車両Aの全てのホイールWの検出スキャンパターンD13を取得することができる。これにより、車種判別装置10の設置スペースが十分に確保できない料金所であっても、タイヤパターン判定装置20により判定された車両AのタイヤTの連設数D3に基づいて車種の判別を行うことが可能となる。車種区分判別部10Cは、このように判定された車両Aの各タイヤTの連設数D3と、ナンバープレート認識部10Bより取得したナンバープレート情報D2とに基づき、当該車両Aの車種区分D1を判別する。ここで、上述のように、車両の車種等に応じて、どの車軸にシングルタイヤ及びダブルタイヤの何れが取り付けられるかを示す連設数パターンには傾向がある。このため、車種区分判別部10Cは、このような連設数パターンを予め学習しておくことにより、タイヤTの連設数D3に基づいて車種区分D1の判別の精度を向上させることが可能である。

なお、レーザスキャンセンサ20Eの設置位置によっては、車両Aの最も進行方向手前側（図2における-X側）に配置されているタイヤTの連設数D3を判定することが困難な場合がある。しかしながら、車種区分判別部10Cは、上述のように連設数パターンを学習していることにより、既に取得済みのタイヤTの連設数D3と、連設数パターンとに基づいて、取得されていないタイヤの連設数を推測するようにしてもよい。例えば車両Aの一軸目のタイヤTがシングルタイヤT1であり、二軸目及び三軸目のタイヤTがダブルタイヤT2であると判定されたが、四軸目のタイヤTが撮像部20Bにより撮像できず不明である場合であっても、車種区分判別部10Cは、一軸目～三軸目のタイヤTの連設数D3と連設数パターンとに基づいて、四軸目のタイヤTの連設数D3はダブルタイヤT2である可能性が高いと推測する。これによっても、車種区分D1の判別の精度を向上させることが可能である。

[0109] なお、本実施形態において、レーザスキャンセンサ20Eは、検出光の照射方向が進行方向手前側（図7における-X側）を向くように、当該照射方向と車線Lの進行方向（図7におけるX方向）とが約45度の角度で交差するように配置されている例について説明したが、これに限られることはない。

例えば二台の車両が近接追走している場合、車両検知器10Aが車両Aの通過を検知したときに、当該車両Aの後続車両に検出光が照射されてしまうことがある。このため、レーザスキャンセンサ20Eは、車両検知器10Aが車両Aの通過を検知したときに当該車両Aの後続車両のタイヤが撮像されないように、検出光の照射方向を車両検知器10Aに近づけるように設定してもよい。

[0110] （ハードウェア構成）

また、上述の各実施形態におけるタイヤパターン判定装置20のハードウェア構成の例について説明する。

図11はタイヤパターン判定装置20のハードウェア構成の一例を示す図である。

図11に示すように、タイヤパターン判定装置20は、メモリ810と、記憶／再生装置820と、I/O I/F（Input Output Interface）830と、外部機器I/F（Interface）840と、通信I/F（Interface）850と、CPU（Central Processing Unit）860と、補助記憶装置870とを備えている。

[0111] メモリ810は、タイヤパターン判定装置20のプログラムで使用されるデータ等を一時的に記憶するRAM（Random Access Memory）等の媒体である。

記憶／再生装置820は、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリ等の外部メディアへデータ等を記憶したり、外部メディアのデータ等を再生するための装置である。

I O 1 / F 8 3 0 は、車種判別装置 1 0 の各装置との間で情報等の入出力を行うためのインターフェースである。

外部機器 1 / F 8 4 0 は、タイヤパターン判定装置 2 0 が備える機器の制御と、情報等の送受信とを行うためのインターフェースである。上述の実施形態のタイヤパターン判定装置 2 0 では、外部機器 1 / F 8 4 0 は、照明部 2 0 A 及び撮像部 2 0 B、又は、レーザスキャンセンサ 2 0 E の制御と、情報及び信号の送受信とを行う。

通信 1 / F 8 5 0 は、タイヤパターン判定装置 2 0 がインターネット等の通信回線を介して外部サーバと通信を行うためのインターフェースである。

C P U 8 6 0 は、プログラムを実行し、タイヤパターン判定装置 2 0 のそれぞれ機能を実行するように制御する。上述の実施形態においては、タイヤパターン判定装置 2 0 がタイヤ T の連設数 D 3 を判定するように制御する。

補助記憶装置 8 7 0 は、C P U 8 6 0 で実行するプログラムや、プログラムを実行する際に使用するデータや、生成されたデータを記録するためのものである。補助記憶装置 8 7 0 は、HDD (Hard Disk Drive) やフラッシュメモリ等である。

[0112] タイヤパターン判定装置 2 0 のプログラムは、C D - R O M、D V D、フラッシュメモリ等の外部メディアに記録されていてもよく、この場合は、記憶／再生装置 8 2 0 から外部メディアへの書き込み（記憶）及び読み出し（再生）を行う。通信 1 / F 8 5 0 から外部サーバに記憶されているプログラムを読み出してもよい。

外部メディアや外部サーバに記憶されているプログラムを、補助記憶装置 8 7 0 に記憶してもよい。

[0113] C P U 8 6 0 は、上記プログラムを実行することにより、タイヤパターン判定装置 2 0 のホイール検出部 2 0 2、及びタイヤ判定部 2 0 3 として機能する。C P U 8 6 0 が各種処理を行うと、それぞれの処理で生成されたデータは補助記憶装置 8 7 0 に記憶される。

[0114] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明の技術的思想

を逸脱しない限り、これらに限定されることはなく、多少の設計変更等も可能である。

例えば、上述の実施形態において、タイヤパターン判定装置20が車両検知器10Aから車両進入情報D5を受信してから、検出光の照射及び反射光の検出を行う例について説明したが、これに限られることはない。タイヤパターン判定装置20は、常時検出光の照射及び反射光の検出を行ってもよい。この場合、タイヤパターン判定装置20の撮像部20B及びレーザスキャンセンサ20Eは、取得した画像D11を逐次ホイール検出部202に出力する。ホイール検出部202は、車両検知器10Aから車両進入情報D5を受信してから、車両通過情報D6を受信するまでの期間に取得した画像D11について、当該画像D11に車両AのホイールWが含まれるか否かを検出する。また、ホイール検出部202は、取得した全ての画像D11について、当該画像D11に車両AのホイールWが含まれるか否かを検出するようにしてもよい。

このような構成によっても、上述の実施形態と同様の効果を得ることが可能である。

[0115] また、上述の実施形態において、車種判別装置10が踏板を備えていない例について説明したが、これに限られることはない。路面に踏板の埋設が可能な料金所においては、車種判別装置10は、更に踏板を備えていてもよい。踏板からの車軸数等の情報を取得することにより、当該情報を考慮した車種の判別を行うことができる。

[0116] また、上述の実施形態において、料金自動收受機11に関する車種判別を対象として説明したが、これに限られることはない。他の実施形態においては、料金自動收受機11に代えて、有人ブースや通行券自動発行機に関する車種判別を対象としてもよい。

産業上の利用可能性

[0117] 上述のタイヤパターン判別装置、車種判別装置、タイヤパターン判別方法及びプログラムによれば、料金所の立地条件に関わらず設置が可能であり、

車種の判別に必要な情報の一つであるタイヤの連設数を取得することができる。

符号の説明

- [0118]
- 1 料金收受設備
 - 1 0 車種判別装置
 - 1 0 A 車両検知器
 - 1 0 B ナンバープレート認識部
 - 1 0 C 車種区分判別部
 - 1 1 料金自動收受機
 - 1 3 発進制御機
 - 1 4 発進検知器
 - 2 0 タイヤパターン判定装置
 - 2 0 A 照明部（照射部）
 - 2 0 B 撮像部（検出部）
 - 2 0 C 主制御部
 - 2 0 D 記憶部
 - 2 0 E レーザスキャンセンサ（照射部、検出部）
 - 2 0 2 ホイール検出部
 - 2 0 3 タイヤ判定部
 - 3 0 1 リム
 - 3 0 2 ディスク
- A 車両
- I アイランド
- L 車線
- T タイヤ
- T 1 シングルタイヤ
 - T 2 ダブルタイヤ
- R 1 暗部

R 2 明部

W ホイール

請求の範囲

- [請求項1] 通過する車両のホイールに相当する高さに検出光を照射する照射部と、
前記検出光の反射光を検出する検出部と、
前記検出部による前記ホイールからの前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数を判定するタイヤ判定部と、
を備えるタイヤパターン判定装置。
- [請求項2] 前記照射部は、少なくとも前記ホイールを含む照射範囲に前記検出光を照射し、
前記検出部は、前記反射光の検出結果に基づいて、前記照射範囲を含む画像を取得し、
前記タイヤ判定部は、前記画像上に表れる暗部及び明部の分布の規則性に基づいて、前記タイヤの連設数を判定する、
請求項1に記載のタイヤパターン判定装置。
- [請求項3] 前記タイヤ判定部は、前記車両の外側から見えるシングルタイヤの前記ホイールの凸形状と、前記車両の外側から見えるダブルタイヤの前記ホイールの凹形状と、に起因して生じる前記暗部及び前記明部の分布の規則性に基づいて、前記タイヤの連設数を判定する、
請求項2に記載のタイヤパターン判定装置。
- [請求項4] 前記照射部は、前記検出光としてレーザー光を照射し、
前記検出部は、前記反射光の検出結果に基づいて、前記検出部から照射対象までの距離を測定し、
前記タイヤ判定部は、前記距離の複数の測定結果により、前記ホイールの形状の特徴を認識して、当該ホイールの形状に応じた前記タイヤの連設数を判定する、
請求項1に記載のタイヤパターン判定装置。
- [請求項5] 前記照射部は、前記車両の高さ方向に沿って、異なる複数の高さで前記レーザー光を照射する、

請求項4に記載のタイヤパターン判定装置。

[請求項6] 前記照射部は、前記車両の幅方向に対して傾斜した方向に前記検出光を照射する、

請求項2に記載のタイヤパターン判定装置。

[請求項7] 前記照射部は、前記照射部が設置されている位置より前記車両の進行方向手前側に向かって前記検出光を照射する、

請求項1から6の何れか一項に記載のタイヤパターン判定装置。

[請求項8] 請求項1から7の何れか一項に記載のタイヤパターン判定装置と、
前記タイヤパターン判定装置により判定された前記車両の前記タイヤの連設数に基づいて車種を判別する車種区分判別部と、

を備える車種判別装置。

[請求項9] 通過する車両のホイールに相当する高さに検出光を照射する照射ステップと、

前記検出光の反射光を検出する検出ステップと、

前記検出ステップによる前記ホイールの形状に応じた前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数を判定するタイヤ判定ステップと、

を有するタイヤパターン判定方法。

[請求項10] 通過する車両のタイヤの連設数を判定するタイヤパターン判定装置のコンピュータを機能させるプログラムであって、

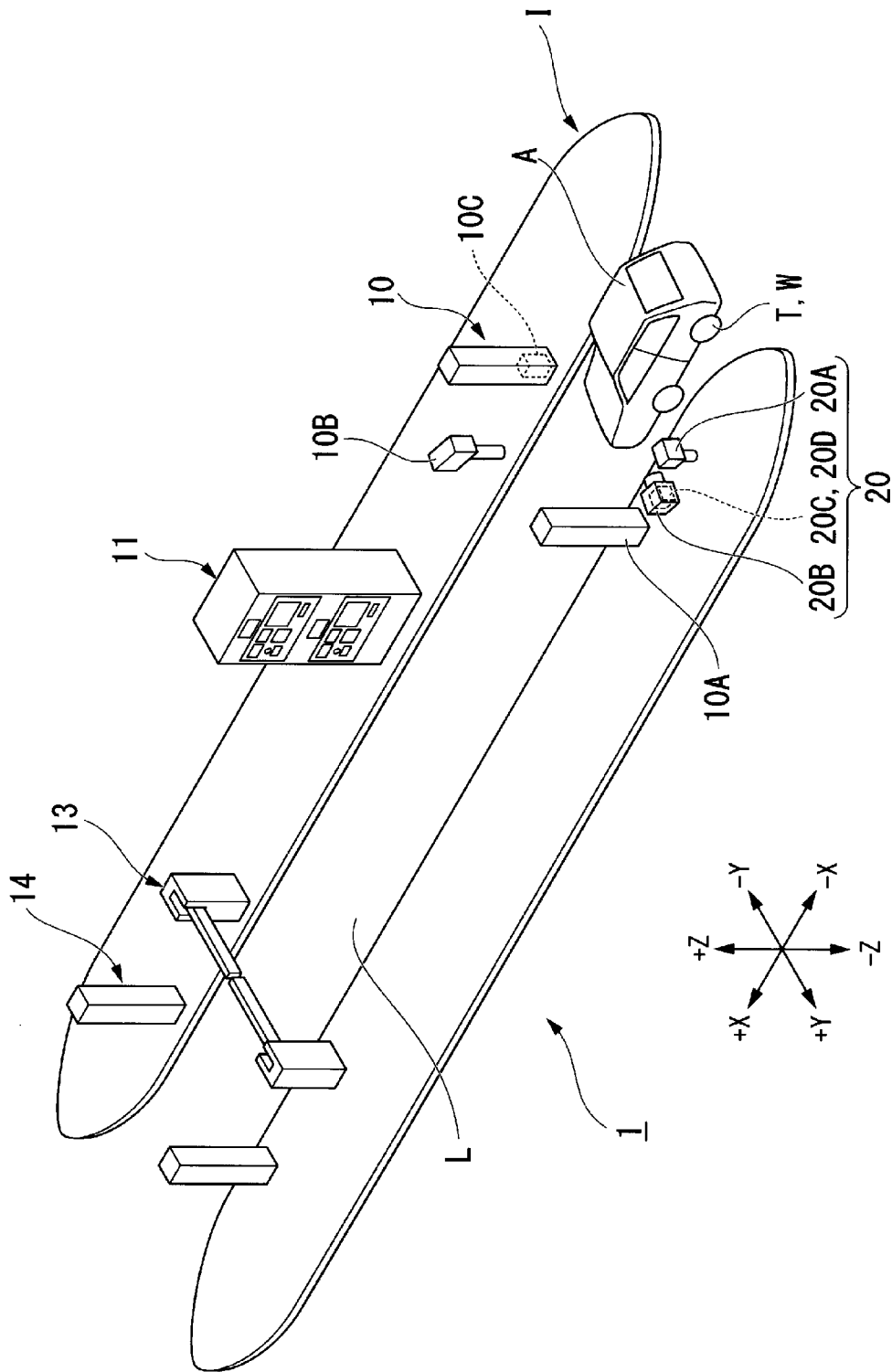
前記コンピュータを、

前記車両のホイールに相当する高さに検出光を照射する照射部、

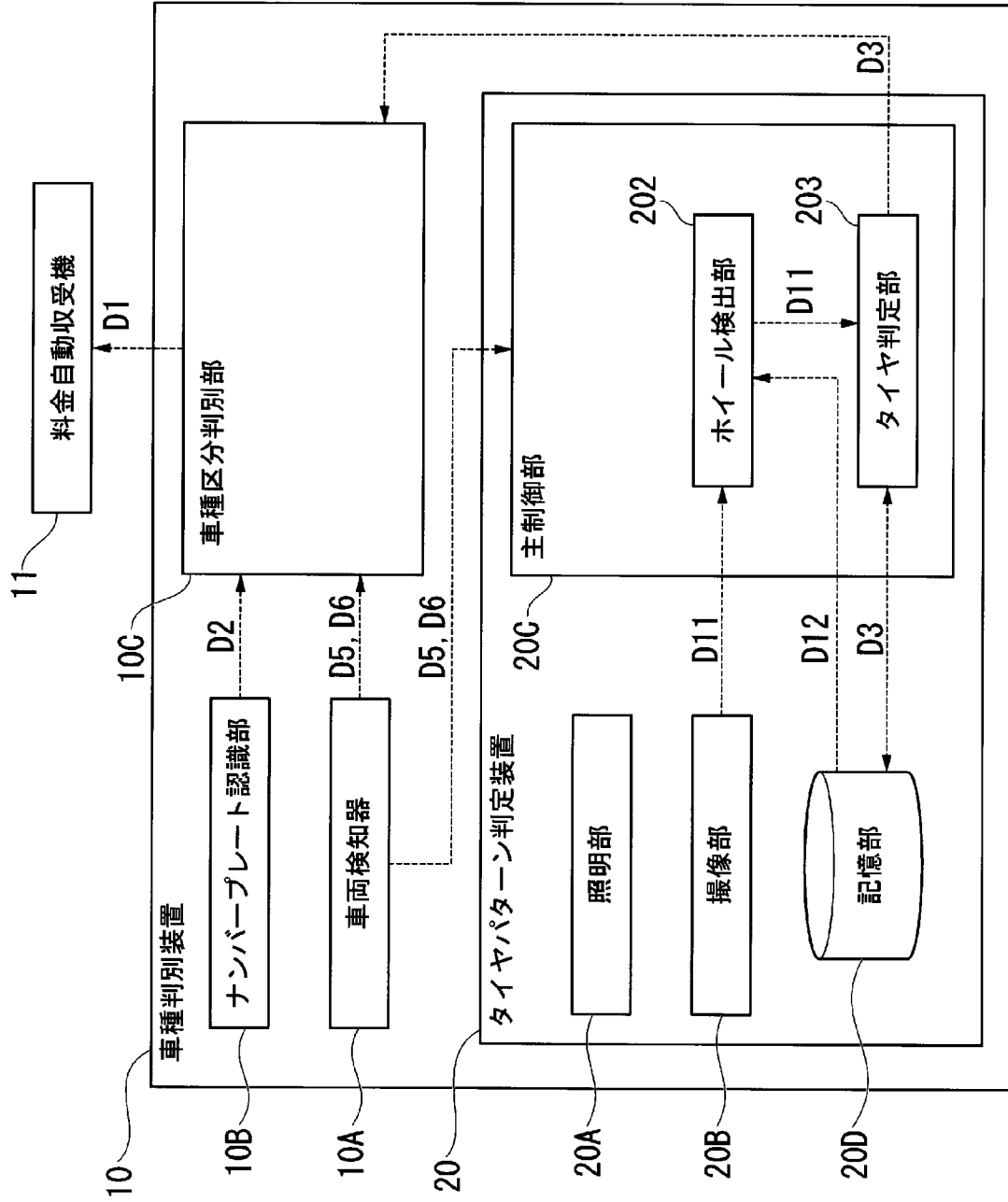
前記検出光の反射光を検出する検出部、

前記検出部による前記ホイールの形状に応じた前記反射光の検出結果に基づいて、前記車両のタイヤの連設数を判定するタイヤ判定部、
として機能させるプログラム。

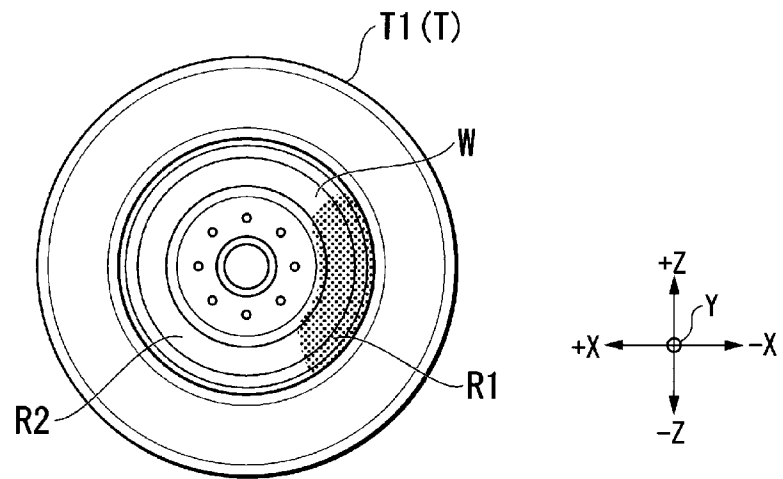
[図1]



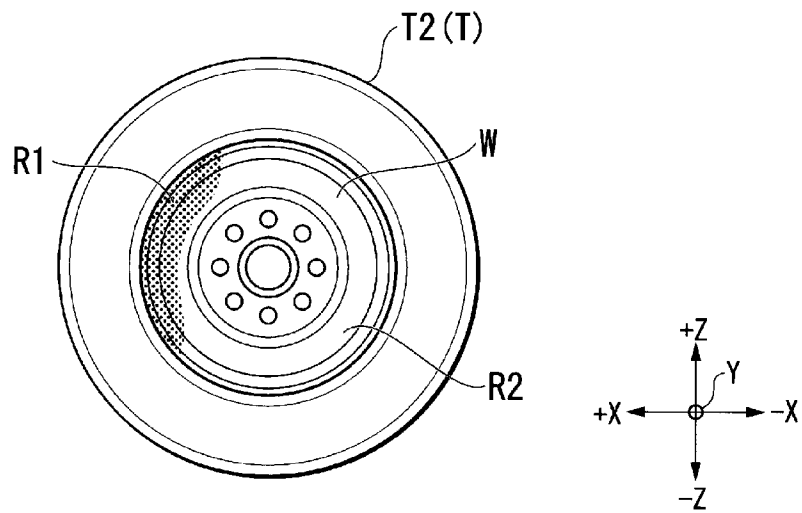
[図3]



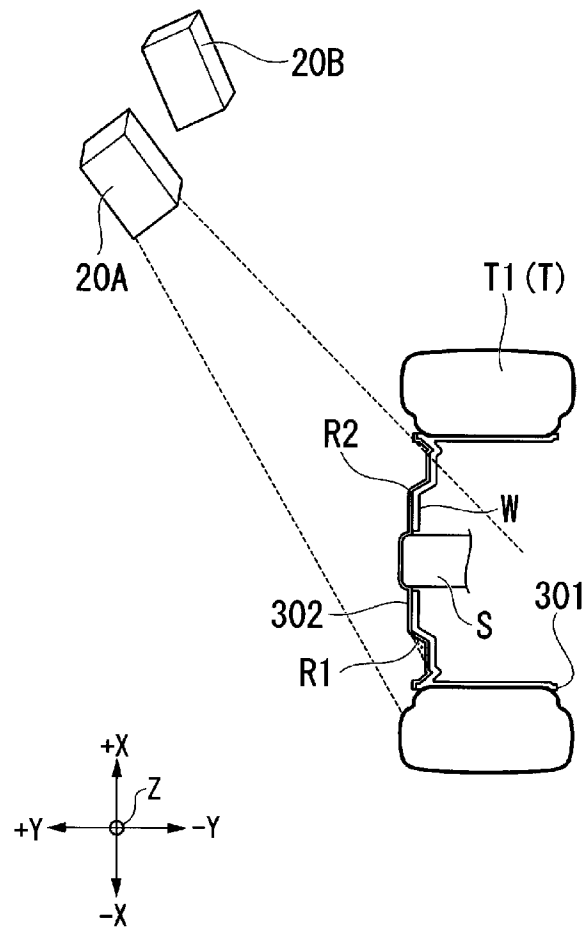
[図4A]



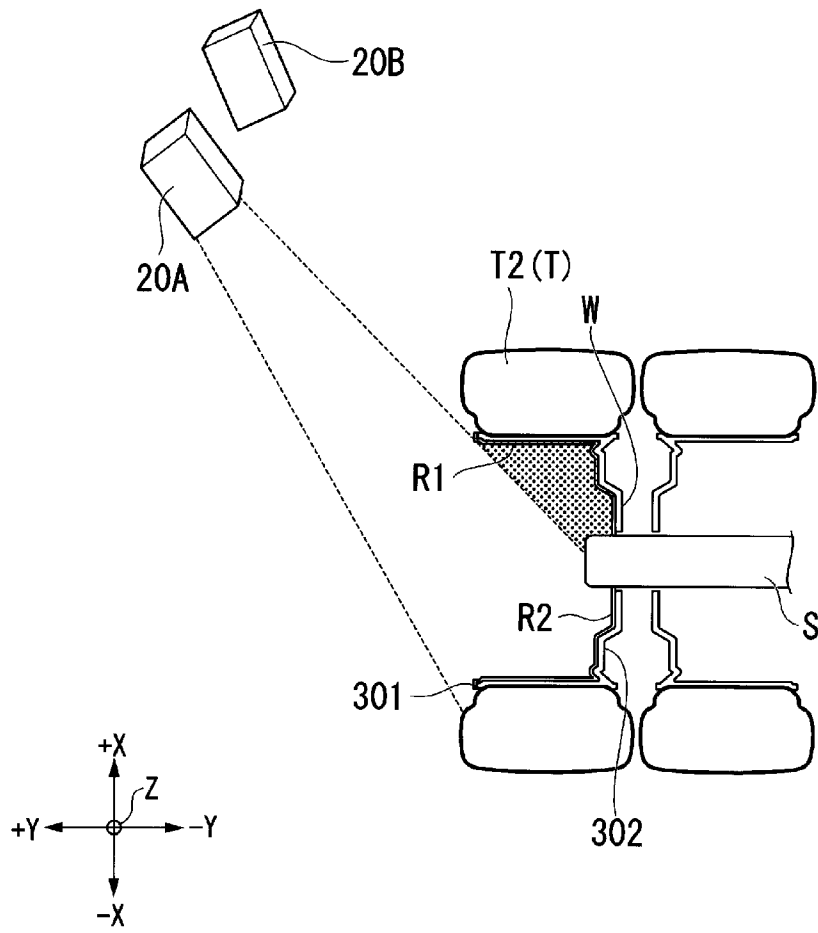
[図4B]



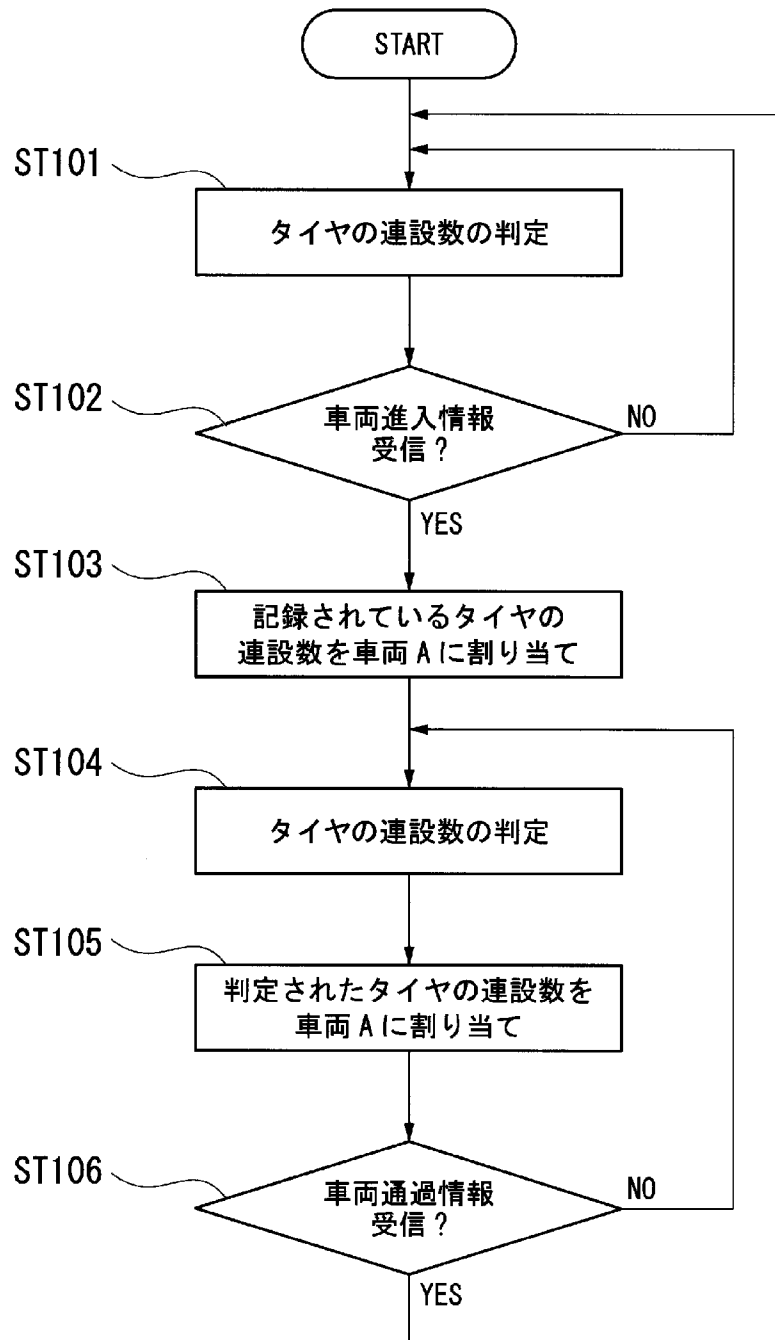
[図5A]



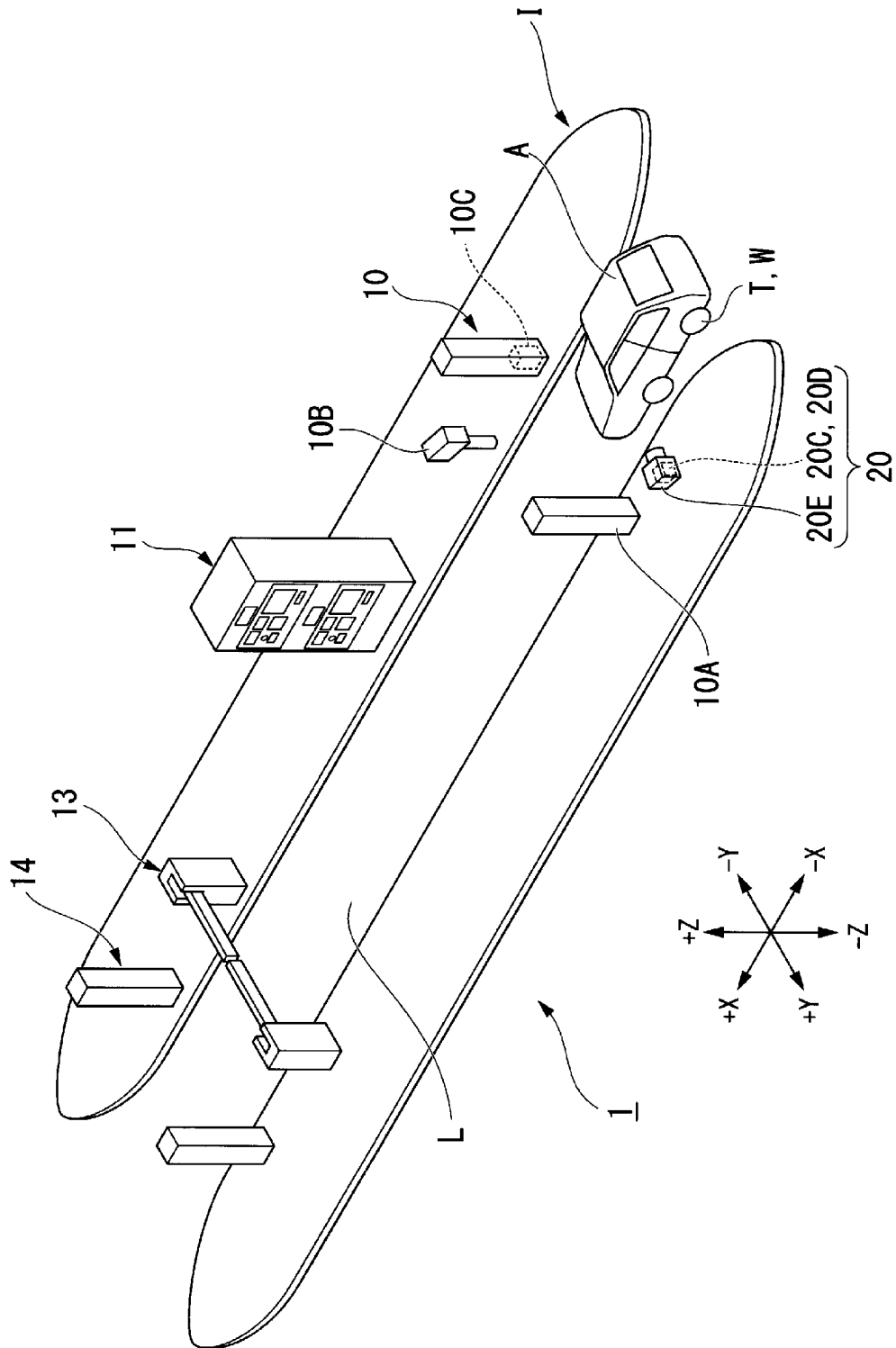
[図5B]



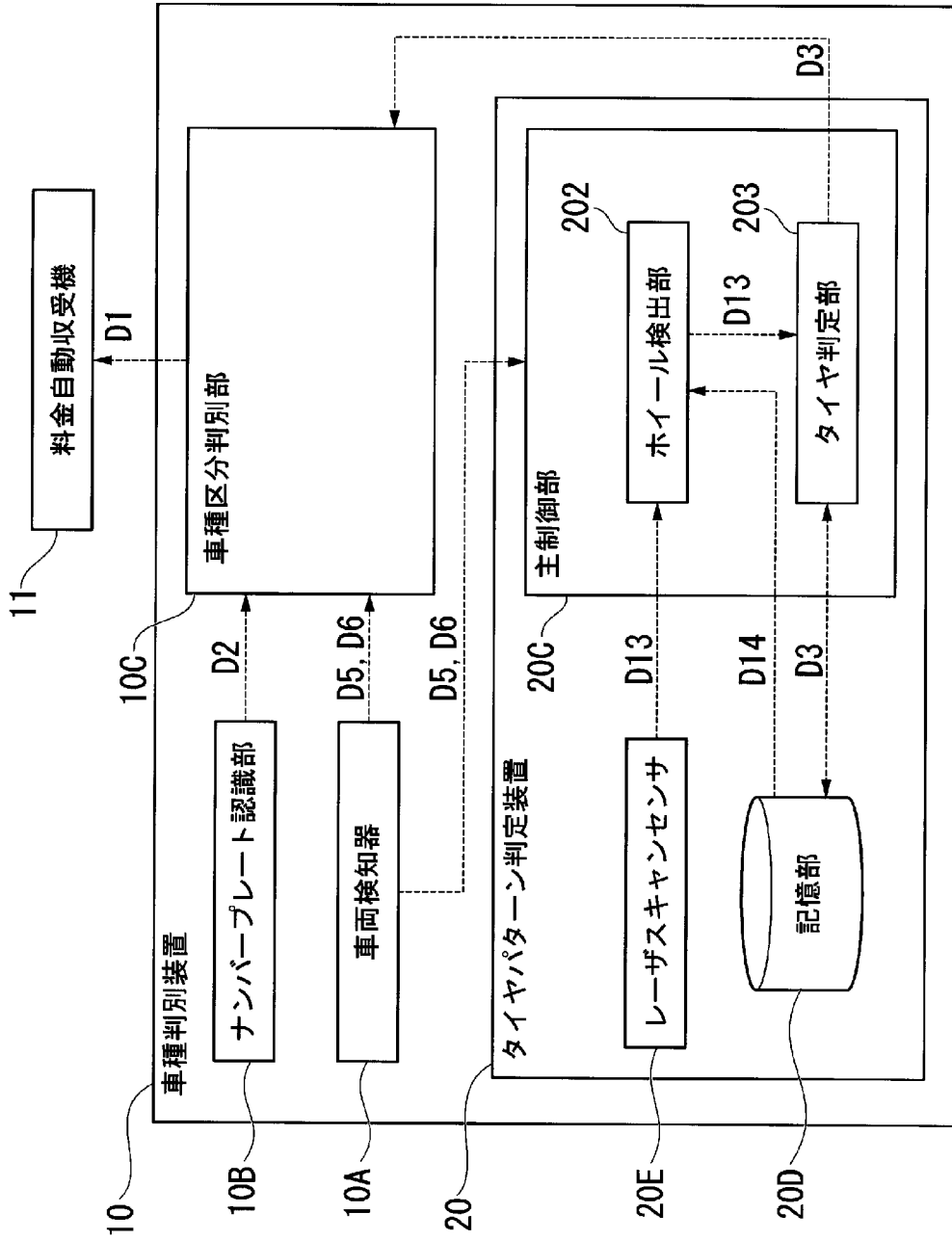
[図6]



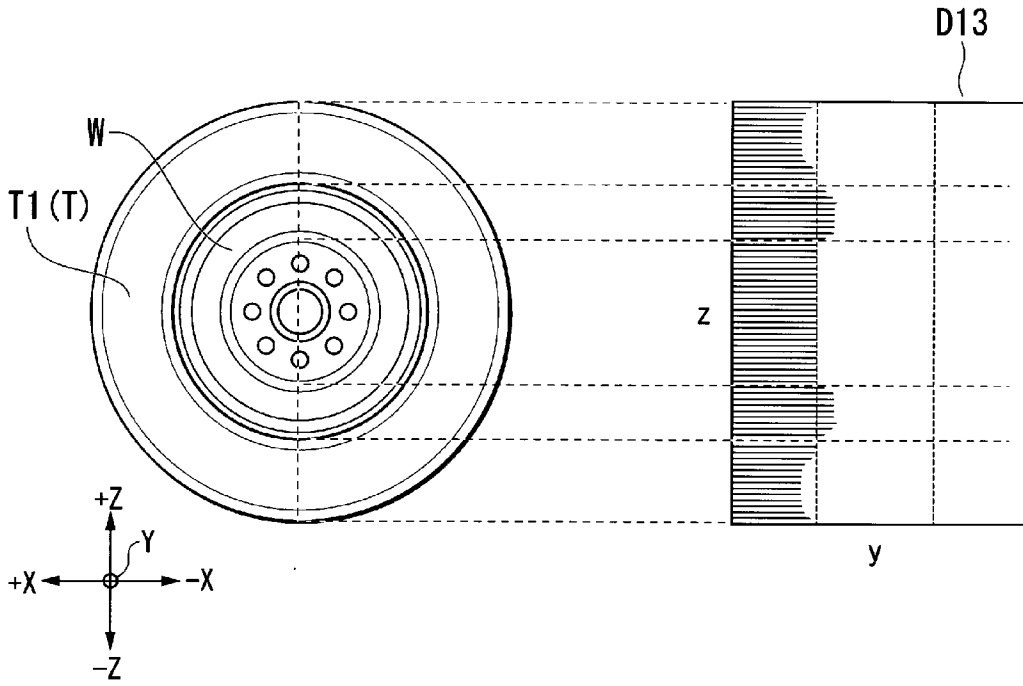
[図7]



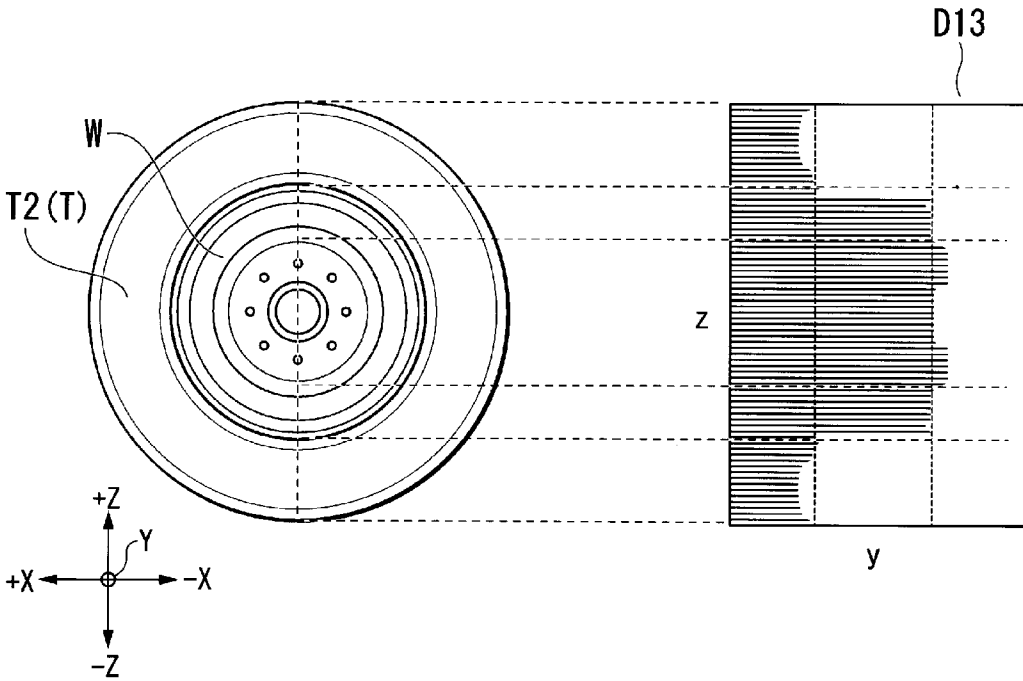
[図8]



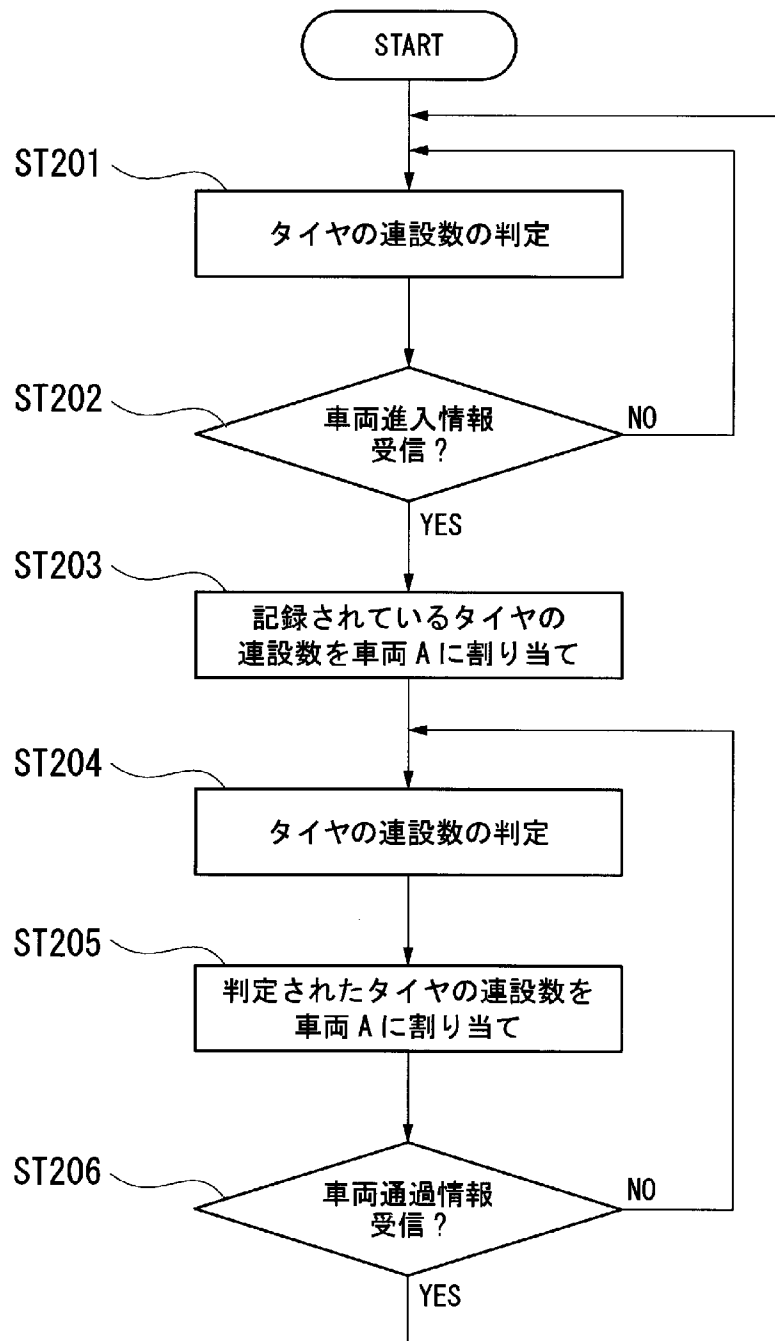
[図9A]



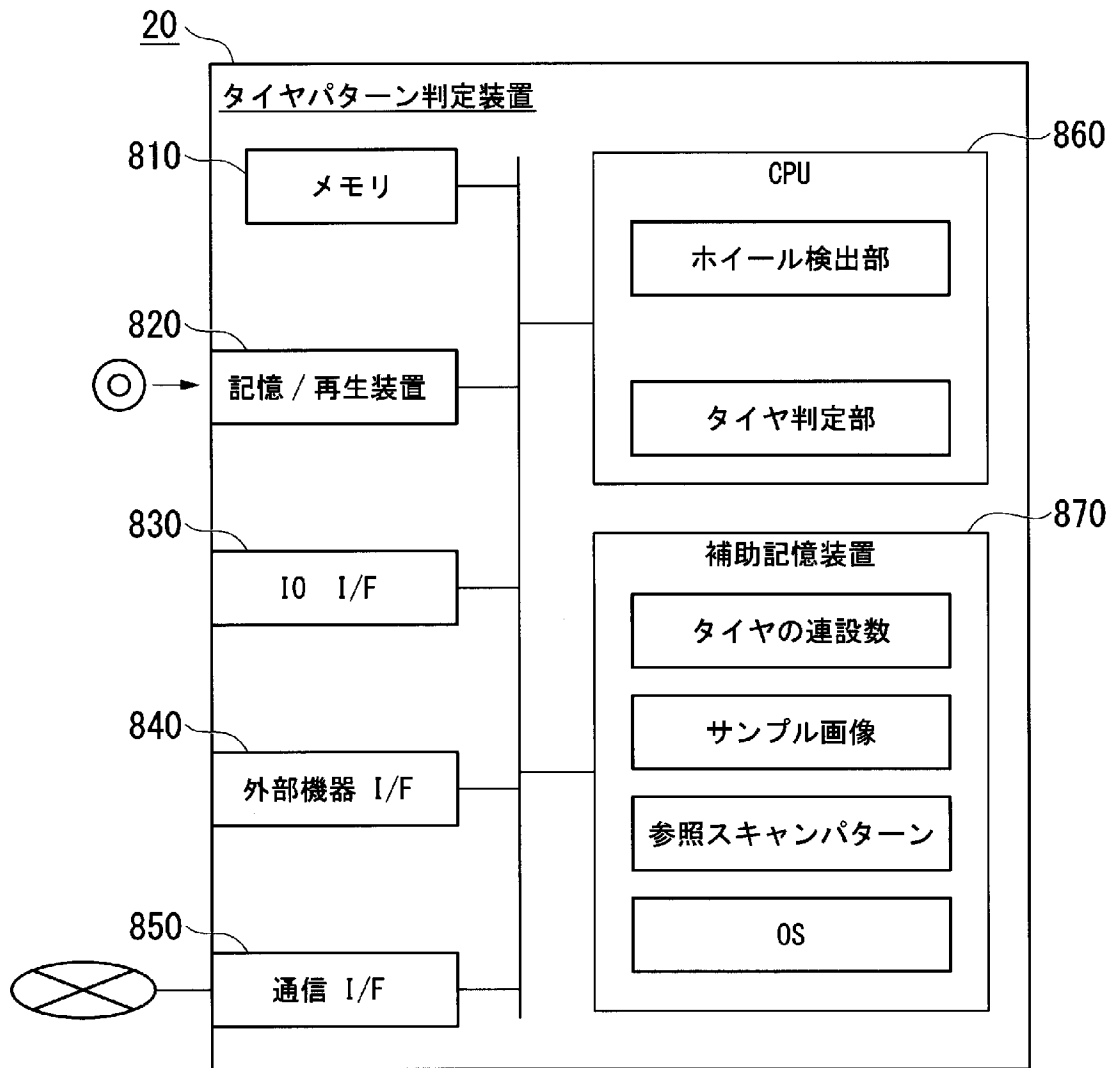
[図9B]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G08G1/015(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G07B15/00(2011.01)i, G08G1/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G08G1/00-99/00, G01B11/00-11/30, G07B11/00-17/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-167694 A (Omron Corp.), 22 June 1999 (22.06.1999), paragraphs [0001], [0011] to [0028]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-2, 8-9 3-7, 10
Y	JP 2002-197588 A (Fujitsu Ltd.), 12 July 2002 (12.07.2002), paragraphs [0006] to [0010]; fig. 1 to 2 & WO 2002/052523 A1	3-7
Y	JP 2014-2534 A (Toshiba Corp.), 09 January 2014 (09.01.2014), paragraphs [0021] to [0022], [0026]; fig. 2 (Family: none)	10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 03 June 2016 (03.06.16)	Date of mailing of the international search report 14 June 2016 (14.06.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057556

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-204088 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 October 2011 (13.10.2011), paragraphs [0009] to [0064]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-10
A	JP 2011-133989 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0008] to [0115]; fig. 1 to 23 (Family: none)	1-10
A	JP 2013-257720 A (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.), 26 December 2013 (26.12.2013), paragraphs [0020] to [0069]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G08G1/015(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G07B15/00(2011.01)i, G08G1/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G08G1/00-99/00, G01B11/00-11/30, G07B11/00-17/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 11-167694 A (オムロン株式会社) 1999.06.22, 段落 [0001], 段落 [0011] - [0028], [図1] - [図7] (ファミリーなし)	1-2, 8-9 3-7, 10
Y	JP 2002-197588 A (富士通株式会社) 2002.07.12, 段落 [0006] - [0010], [図1] - [図2] & WO 2002/052523 A1	3-7
Y	JP 2014-2534 A (株式会社東芝) 2014.01.09, 段落 [0021] - [0022], 段落 [0026], [図2] (ファミリーなし)	10
A	JP 2011-204088 A (三菱電機株式会社) 2011.10.13, 段落 [0009] - [0064], [図1] - [図4] (ファミリーなし)	1-10

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.06.2016

国際調査報告の発送日

14.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 純一

3H

9074

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-133989 A (三菱電機株式会社) 2011.07.07, 段落 [0008] - [0115], [図1] - [図23] (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2013-257720 A (株式会社京三製作所) 2013.12.26, 段落 [0020] - [0069], [図1] - [図6] (ファミリーなし)	1-10