

(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
2020年6月18日(18.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/122143 A1

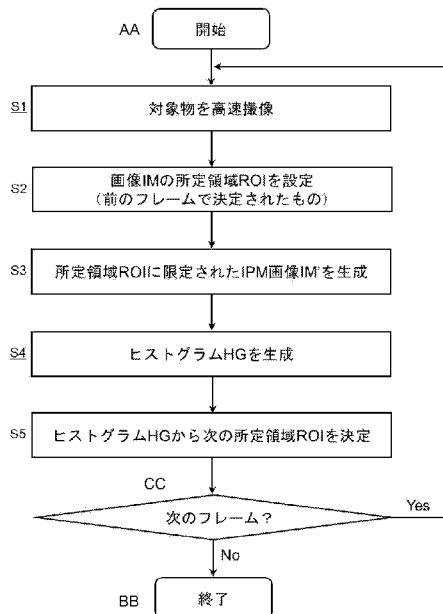
(51) 国際特許分類:
G01C 3/06 (2006.01) G01C 11/12 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048554
(22) 国際出願日: 2019年12月11日(11.12.2019)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2018-232784 2018年12月12日(12.12.2018) JP
(71) 出願人: 国立大学法人 東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 平野 正浩 (HIRANO Masahiro); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 妹尾 拓 (SENOO Taku); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 岸 則政 (KISHI Norimasa); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 石川 正俊 (ISHIKAWA Masatoshi); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).
(74) 代理人: 特許業務法人 I P X (IPX PATENT PARTNERS); 〒1070061 東京都港区北青山二丁目7番20号 第二猪瀬ビル3階 Tokyo (JP).

(54) Title: MEASURING SYSTEM, MEASURING METHOD, AND MEASURING PROGRAM

(54) 発明の名称: 計測システム、計測方法、及び計測プログラム

[図5]
Fig.5



S1 Perform high speed imaging of object
S2 Set prescribed region ROI of image IM (determined using previous frame)
S3 Generate 'IPM image IM' restricted to prescribed region ROI
S4 Generate histogram HG
S5 Determine next prescribed region ROI from histogram
AA Start
BB End
CC Next frame?

(57) Abstract: [Problem] To provide a measuring system, a measuring method, and a measuring program capable of implementing safe operation in industry by rapidly and reliably detecting the presence of an object (obstacle) to be measured. [Solution] According to one embodiment of the present invention, a measuring system configured to be capable of measuring the position of an object is provided with an image capturing device and an information processing device, wherein: the image capturing device is a camera having a frame rate at least equal to 100 fps, and is configured to be

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, 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.

(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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

capable of imaging the object included in the angle of view of the camera, as an image; the information processing device is provided with a communication unit, an IPM transformation unit, and a position measuring unit; the communication unit is connected to the image capturing device, and is configured to be capable of receiving the image captured by the image capturing device; the IPM transformation unit is configured to set at least a portion of the image including the object as a prescribed region, and to perform an inverse perspective transformation of the image to generate an IPM image restricted to the prescribed region; here, the IPM image is an image in which a prescribed plane including the object is rendered as seen from overhead; and the position measuring unit is configured to be capable of measuring the position of the object on the basis of the IPM image.

(57) 要約: 【課題】計測すべき対象物(障害物)の存在をすばやく且つ確実に検知することで、産業における安全なオペレーションを実現可能な計測システム、計測方法、及び計測プログラムを提供すること。【解決手段】本発明の一態様によれば、対象物の位置を計測可能に構成される計測システムであって、撮像装置と、情報処理装置とを備え、前記撮像装置は、フレームレートが100fps以上のカメラであり、前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像として撮像可能に構成され、前記情報処理装置は、通信部と、IPM変換部と、位置計測部とを備え、前記通信部は、前記撮像装置と接続され、前記撮像装置によって撮像された前記画像を受信可能に構成され、前記IPM変換部は、前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として設定し、前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定されたIPM画像を生成するように構成され、ここで前記IPM画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、前記位置計測部は、前記IPM画像に基づいて、前記対象物の位置を計測可能に構成される、計測システムが提供される。

明 細 書

発明の名称：計測システム、計測方法、及び計測プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、計測システム、計測方法、及び計測プログラムに関する。

背景技術

[0002] 産業界において、静止、又は移動している計測システムによって、その周辺環境を適切に認識することは、安全なオペレーションを実現する要素技術の1つである。特に、計測システムの視界に対象物（障害物）が侵入したときに、その存在をすばやく且つ確実に検知する必要がある。例えば、特許文献1には、障害物を検知する計測システムが開示されている。かかる計測システムは、カメラで得られた画像を逆透視投影変換して、IPM画像と呼ばれる所定平面を俯瞰するように描画された画像を生成し、IPM画像から障害物を検知するように構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-65304号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に開示された計測システムにおける逆透視投影変換とは、処理時間を要するものであり、その結果、動作レートが低く且つレイテンシも大きくならざるを得ない。その結果、肝心の安全性を確保するほどに十分な性能を有していない。

[0005] 本発明は、かかる事情を鑑みてなされたものであり、計測すべき対象物（障害物）の存在をすばやく且つ確実に検知することで、産業における安全なオペレーションを実現可能な計測システム、計測方法、及び計測プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様によれば、対象物の位置を計測可能に構成される計測システムであって、撮像装置と、情報処理装置とを備え、前記撮像装置は、フレームレートが100fps以上のカメラであり、前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像として撮像可能に構成され、前記情報処理装置は、通信部と、IPM変換部と、位置計測部とを備え、前記通信部は、前記撮像装置と接続され、前記撮像装置によって撮像された前記画像を受信可能に構成され、前記IPM変換部は、前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として設定し、前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定されたIPM画像を生成するように構成され、ここで前記IPM画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、前記位置計測部は、前記IPM画像に基づいて、前記対象物の位置を計測可能に構成される、計測システムが提供される。

[0007] 本発明に係るシステムでは、フレームレートが100fps以上のカメラによって対象物を撮像し、かかる画像を逆透視投影変換して所定領域に限定されたIPM画像を生成し、これを用いて対象物の位置を計測することを特徴とする。100fps以上という高いフレームレートのカメラを用いることで、対象物の存在しうる位置が限定されるので、これを前提条件として所定領域に限定することで逆透視投影変換及び位置計測にかかる処理時間を短くすることができる。その結果、駆動周波数を高くするとともにレイテンシを小さくし、より安全なオペレーションを実現することができる、という有利な効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施形態に係るシステムの機能ブロック図。

[図2]逆透視投影変換の概要図。

[図3] [図3A] 第1のカメラ（左）による第1の画像、[図3B] 第2のカメラ（右）による第2の画像、[図3C] 第1の画像を変換して得られた第1のIPM画像、[図3D] 第2の画像を変換して得られた第2のIPM画像、[図3E] 第1及び第2のIPM画像の差分、[図3F] 不図示の別カ

メラによって撮像された俯瞰図。

[図4] [図4 A] 図3 Eの差分画像から得られた第1のヒストグラム、[図4 B] 図3 Eの差分画像から得られた第2のヒストグラム。

[図5]計測方法の流れを示すフローチャート。

[図6]状態に関するパラメータを考慮した所定領域の決定を示す概要図。

[図7]機械学習の流れを示す概要図。

[図8]カメラのピッチ角と、路面上の特徴点の動き（オプティカルフロー）との関係を示す概要図。

[図9]カメラのピッチ角と、路面上の特徴点の動き（オプティカルフロー）との関係を示す概要図。

[図10] I P M変換処理前の画像 I Mに対するオプティカルフローと（図10 A）、1回目 I P M変換処理で得られたオプティカルフロー（図10 B）と、2回目の I P M変換処理で得られたオプティカルフロー（図10 C）とを比較した図。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を用いて本発明の実施形態について説明する。以下に示す実施形態中で示した各種特徴事項は、互いに組み合わせ可能である。特に、本明細書において「部」とは、例えば、広義の回路によって実施されるハードウェア資源と、これらのハードウェア資源によって具体的実現されうるソフトウェアの情報処理とを合わせたものも含みうる。また、本実施形態においては様々な情報を取り扱うが、これら情報は、0又は1で構成される2進数のビット集合体として信号値の高低によって表され、広義の回路上で通信・演算が実行されうる。

[0010] また、広義の回路とは、回路（Circuit）、回路類（Circuitry）、プロセッサ（Processor）、及びメモリ（Memory）等を少なくとも適当に組み合わせることによって実現される回路である。すなわち、特定用途向け集積回路（Application Specific Integrated Circuit: ASIC）、プログラマブ

ル論理デバイス（例えば、単純プログラマブル論理デバイス（Simple Programmable Logic Device: SPLD）、複合プログラマブル論理デバイス（Complex Programmable Logic Device: CPLD）、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ（Field Programmable Gate Array: FPGA））等を含むものである。

[0011] 1. 全体構成

第1節では、計測システム1の全体構成について説明する。図1は、本実施形態に係る計測システム1の構成概要を示す図である。計測システム1は、撮像装置2と、情報処理装置3とを備え、これらが電氣的に接続されたシステムである。計測システム1は、静止して使用してもよいが、特になんらかの移動手段に設置して使用することが好ましい。移動手段とは、例えば、自動車、列車（公共交通機関だけでなく遊戯用等も含む）、船舶、飛行体（飛行機、ヘリコプター、ドローン等も含む）、移動型ロボット等が想定される。本明細書では、例として自動車を取り上げて説明を行い、計測システム1が搭載された自動車を「本自動車」と定義する。すなわち、計測システム1は、本自動車の、例えば、前方に位置する前方車両（障害物である対象物）の位置を計測するために用いられる。

[0012] 1. 1 撮像装置2

撮像装置2は、外界の情報を画像として取得可能に構成される、いわゆるビジョンセンサ（カメラ）であり、特に高速ビジョンと称するフレームレートが高いものが採用されることが好ましい。フレームレートは、例えば、100fps以上であり、好ましくは、250fps以上であり、更に好ましくは500fps又は1000fpsである。具体的には例えば、100、125、150、175、200、225、250、275、300、325、350、375、400、425、450、475、500、525、550、575、600、625、650、675、700、725、750、775、800、825、850、875、900、925、950、

975、1000、1025、1050、1075、1100、1125、1150、1175、1200、1225、1250、1275、1300、1325、1350、1375、1400、1425、1450、1475、1500、1525、1550、1575、1600、1625、1650、1675、1700、1725、1750、1775、1800、1825、1850、1875、1900、1925、1950、1975、2000 f p s（ヘルツ）であり、ここで例示した数値の何れか2つの間の範囲内であってもよい。より具体的には、撮像装置2は、第1のカメラ21及び第2のカメラ22からなる、いわゆる2眼の撮像装置である。また、第1のカメラ21の画角及び第2のカメラ22の画角は、互いに重複する領域があることに留意されたい。また、撮像装置2において、可視光だけではなく紫外域や赤外域といったヒトが知覚できない帯域を計測可能なカメラを採用してもよい。このようなカメラを採用することによって、暗視野であっても本実施形態に係る計測システム1を用いた計測を実施することができる、という有利な効果を奏する。

[0013] ＜第1のカメラ21＞

第1のカメラ21は、例えば、計測システム1において、第2のカメラ22と並列に設けられ、本自動車の左側前方を撮像可能に構成される。具体的には、第1のカメラ21の画角に、本自動車の前方に位置する前方車両（すなわち障害物である対象物）がとらえられる。また、第1のカメラ21は、後述の情報処理装置3における通信部31と電気通信回線（例えばUSBケーブル等）で接続され、撮像した画像を情報処理装置3に転送可能に構成される。

[0014] ＜第2のカメラ22＞

第2のカメラ22は、例えば、計測システム1において、第1のカメラ21と並列に設けられ、本自動車の右側前方を撮像可能に構成される。具体的には、第2のカメラ22の画角に、本自動車の前方に位置する前方車両（すなわち障害物である対象物）がとらえられる。また、第2のカメラ22は、

後述の情報処理装置 3 における通信部 3 1 と電気通信回線（例えば U S B ケーブル等）で接続され、撮像した画像を情報処理装置 3 に転送可能に構成される。

[0015] 1. 2 情報処理装置 3

情報処理装置 3 は、通信部 3 1 と、記憶部 3 2 と、制御部 3 3 とを有し、これらの構成要素が情報処理装置 3 の内部において通信バス 3 0 を介して電氣的に接続されている。以下、各構成要素についてさらに説明する。

[0016] <通信部 3 1>

通信部 3 1 は、U S B、I E E E 1 3 9 4、T h u n d e r b o l t、有線 L A N ネットワーク通信等といった有線型の通信手段が好ましいものの、無線 L A N ネットワーク通信、L T E / 3 G 等のモバイル通信、B l u e t o o t h（登録商標）通信等を必要に応じて含めてもよい。すなわち、これら複数の通信手段の集合として実施することがより好ましい。特に、前述の撮像装置 2 における第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 とは、所定の高速度通信規格（例えば、U S B 3. 0 やカメラリンク等）において通信可能に構成されることが好ましい。また、前方車両の計測結果を表示するためのモニター（不図示）や、計測結果に基づいて本自動車を自動制御（自動運転）するための自動制御装置（不図示）が接続されてもよい。

[0017] <記憶部 3 2>

記憶部 3 2 は、前述の記載により定義される様々な情報を記憶する。これは、例えばソリッドステートドライブ（S o l i d S t a t e D r i v e : S S D）等のストレージデバイスとして、あるいは、プログラムの演算に係る一時的に必要な情報（引数、配列等）を記憶するランダムアクセスメモリ（R a n d o m A c c e s s M e m o r y : R A M）等のメモリとして実施されうる。また、これらの組合せであってもよい。

[0018] 特に、記憶部 3 2 は、撮像装置 2 における第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 によって撮像され、且つ通信部 3 1 が受信した第 1 の画像 I M 1 及び第 2 の画像 I M 2（画像 I M）を記憶する。記憶部 3 2 は、I P M 画像 I

M' を記憶する。具体的には第 1 の画像 I M 1 より変換された第 1 の I P M 画像 I M 1 ' 及び第 2 の画像 I M 2 より変換された第 2 の I P M 画像 I M 2 ' を記憶する。ここで、画像 I M や I P M 画像 I M ' は、例えば R G B 各 8 ビットのピクセル情報を具備する配列情報である。

[0019] また、記憶部 3 2 は、画像 I M に基づいて I P M 画像 I M ' を生成するための I P M 変換プログラムを記憶している。記憶部 3 2 は、第 1 の I P M 画像 I M 1 ' 及び第 2 の I P M 画像 I M 2 ' の差分 D を演算し且つ角度（方向）を基準とした第 1 のヒストグラム H G 1 及び距離を基準とした第 2 のヒストグラム H G 2 を生成するためのヒストグラム生成プログラムを記憶している。記憶部 3 2 は、第 1 のヒストグラム H G 1 及び第 2 のヒストグラム H G 2 に基づいて次のフレームでの処理で使用する所定領域 R O I を決定するための所定領域決定プログラムを記憶している。記憶部 3 2 は、差分 D に基づいて前方車両の位置を計測するための位置計測プログラムを記憶している。記憶部 3 2 は、I P M 画像 I M ' の真値との誤差を補正するための補正プログラムを記憶している。さらに、記憶部 3 2 は、これ以外にも制御部 3 3 によって実行される計測システム 1 に係る種々のプログラム等を記憶している。

[0020] <制御部 3 3>

制御部 3 3 は、情報処理装置 3 に関連する全体動作の処理・制御を行う。制御部 3 3 は、例えば不図示の中央処理装置（C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t : C P U）である。制御部 3 3 は、記憶部 3 2 に記憶された所定のプログラムを読み出すことによって、情報処理装置 3 に係る種々の機能を実現する。具体的には I P M 変換機能、ヒストグラム生成機能、所定領域 R O I 決定機能、位置計測機能、補正機能等が該当する。すなわち、ソフトウェア（記憶部 3 2 に記憶されている）による情報処理がハードウェア（制御部 3 3）によって具体的に実現されることで、I P M 変換部 3 3 1、ヒストグラム生成部 3 3 2、位置計測部 3 3 3、及び補正部 3 3 4 として実行されうる。なお、図 1 においては、単一の制御部 3 3 として表記され

ているが、実際はこれに限るものではなく、機能ごとに複数の制御部33を有するように実施してもよい。またそれらの組合せであってもよい。以下、IPM変換部331、ヒストグラム生成部332、位置計測部333、及び補正部334についてさらに詳述する。

[0021] [IPM変換部331]

IPM変換部331は、ソフトウェア（記憶部32に記憶されている）による情報処理がハードウェア（制御部33）によって具体的の実現されているものである。IPM変換部331は、撮像装置2における第1のカメラ21及び第2のカメラ22から送信され且つ通信部31によって受信した画像IMに対して、逆透視投影変換処理を実行可能に構成される。逆透視投影変換については、第2節において詳述する。

[0022] 換言すると、第1の画像IM1を逆透視投影変換することによって、第1のIPM画像IM1'が生成され、第2の画像IM2を逆透視投影変換することによって、第2のIPM画像IM2'が生成される。ところで、[発明が解決しようとする課題]においても説明したように、逆透視投影変換は処理時間を要するものであった。本実施形態に係る計測システム1では、画像IMの全領域に対応するIPM画像IM'が生成されるのではなく、所定領域ROIに限定されたIPM画像IM'が生成されることに留意されたい。すなわち、本来処理時間を要する逆透視投影変換を限定的に実施することで、処理時間を短縮し、計測システム1全体の制御レートを高くすることができる。より詳細には、計測システム1全体としては、第1のカメラ21及び第2のカメラ22のフレームレート、並びに制御部33の動作レートの低い方が、位置計測に係る制御レートとして働く。換言すると、当該フレームレート及び動作レートを同程度に高くすることで、フィードバック制御のみであっても前方車両の位置の計測（トラッキング）を実施することができる。

[0023] なお、所定領域ROIは、過去（通常は1つ前）のフレームの処理によって決定されたものであり、より詳しくは、第3節において説明する。換言すると、撮像装置2が撮像した n ($n \geq 2$) 番目のフレームに係る画像を、現

在画像と定義し、撮像装置 2 が撮像した $n - k$ ($n > k \geq 1$) 番目のフレームに係る画像を、過去画像と定義すると、現在画像に対して適用される所定領域 ROI は、過去画像を用いて計測された対象物の過去の位置に基づいて設定される。

[0024] [ヒストグラム生成部 332]

ヒストグラム生成部 332 は、ソフトウェア（記憶部 32 に記憶されている）による情報処理がハードウェア（制御部 33）によって具体的の実現されているものである。ヒストグラム生成部 332 は、第 1 の IPM 画像 $IM1$ 及び第 2 の IPM 画像 $IM2$ の差分 D を演算し、続いて、それぞれ異なるパラメータを基準に生成された複数のヒストグラム HG を生成する。かかるヒストグラム HG は、過去のフレームで決定された所定領域 ROI に限定されたものである。具体的には、角度（方向）を基準とした第 1 のヒストグラム $HG1$ と、距離を基準とした第 2 のヒストグラム $HG2$ とを生成する。さらに、ヒストグラム生成部 332 は、生成した第 1 のヒストグラム $HG1$ 及び第 2 のヒストグラム $HG2$ に基づいて、次のフレームでの処理で使用する所定領域 ROI を決定する。より詳しくは、第 3 節において説明する。

[0025] [位置計測部 333]

位置計測部 333 は、ソフトウェア（記憶部 32 に記憶されている）による情報処理がハードウェア（制御部 33）によって具体的の実現されているものである。位置計測部 333 は、ヒストグラム生成部 332 によって演算された差分 D 、並びに第 1 のヒストグラム $HG1$ 及び第 2 のヒストグラム $HG2$ に基づいて、前方車両の位置を計測可能に構成される。計測された前方車両の位置は、適宜、本自動車の運転者に不図示のモニターを介して提示されるとよい。さらには、計測結果に基づいて本自動車を自動制御（自動運転）するための自動制御装置に適切な制御信号が送信されてもよい。

[0026] [補正部 334]

補正部 334 は、ソフトウェア（記憶部 32 に記憶されている）による情報処理がハードウェア（制御部 33）によって具体的の実現されているもの

である。補正部334は、第1のIPM画像IM1'及び第2のIPM画像IM2'を比較することで、これらの座標の対応関係を推定し、推定された座標の対応関係に基づいて、IPM画像IM'の真値との誤差を補正する。より詳しくは、第4節において説明する。

[0027] 2. 逆透視投影変換

第2節では、逆透視投影変換について説明する。図2は、逆透視投影変換の概要図であり、ここではモデルとして、ピンホールカメラを仮定するとともに、カメラのピッチ角のみを考慮して表式化していることにも留意されたい。もちろん、魚眼カメラやオムニディレクショナルカメラを仮定してもよいし、ロール角を考慮して表式化してもよい。図2に示されるように、世界座標系O_Wで表された点(X_W, Y_W, Z_W)をカメラ画像平面 π_C に投影したときの点(x, y)は[数1]のように表される。

[数1]

$$[数1] \quad \lambda \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = K \Pi \begin{bmatrix} R & T \\ \hline 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \\ 1 \end{bmatrix}$$

ただし、Kはカメラ（第1のカメラ21及び第2のカメラ22）の内部行列、 Π はカメラ座標系O_Cからカメラ画像平面 π_C への射影行列、 $R \in SO(3)$ 及び $T \in \mathbb{R}^3$ は、世界座標系O_Wからカメラ座標系O_Cへの回転行列、及び並進ベクトルをそれぞれ表す。

[0028] いま、第1のカメラ21及び第2のカメラ22に写っている対象物がある平面 π 上にのみ存在する場合を考える。このとき、画像平面上の点と π 上の点の間には1対1対応があるため、画像平面から π への1対1の写像を考えることができる。この写像を逆透視投影（Inverse Perspective Mapping）という。R、Tがそれぞれ、

[数2]

$$[数2] \quad R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} 0 \\ -h \cos \theta \\ h \sin \theta \end{bmatrix}$$

と表されるとき、画像上の点（ x ， y ）の逆透視投影像である π 上の点（ X_W ， Y_W ， Z_W ）は、（ x ， y ）を用いて、[数3]のように計算される。

[数3]

$$[数3] \quad \begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{hf_y(o_x - x)}{f_x(o_y \cos \theta + f_y \sin \theta - y \cos \theta)} \\ 0 \\ \frac{h(f_y \cos \theta - o_y \sin \theta + y \sin \theta)}{o_y \cos \theta + f_y \sin \theta - y \cos \theta} \end{bmatrix}$$

[0029] ここで、 f_x 、 f_y はそれぞれ x 、 y 方向の焦点距離、（ o_x ， o_y ）は光学中心である。本実施形態では、この写像によって、撮像装置2によって撮像された画像IMを射影した画像をIPM画像IM'と呼ぶ。2台のカメラ（第1のカメラ21及び第2のカメラ22）が同じ平面を撮像している場合、計算されるIPM画像IM'の対（第1のIPM画像IM1'及び第2のIPM画像IM2'）で、平面上のある1点に対応する画素の輝度値は同一となる。しかし、平面上にない対象物が視野内に存在する場合、IPM画像IM'の対に輝度の差が生じる。この差（差分D）を検出することにより、視野内に存在する対象物を検知することができる。この手法は、平面のテクスチャに対してロバストであるため、影が写り込んでいるような単眼カメラが不得意とする状況でも、対象物を正確に検知することができる。

[0030] 具体的な例が、図3A～図3Fに示されている。図3Aは、第1のカメラ21（左）による第1の画像IM1を示し、図3Bは、第2のカメラ22（右）による第2の画像IM2を示している。図3Cは、第1の画像IM1を変換して得られた第1のIPM画像IM1'を示し、図3Dは、第2の画像IM2を変換して得られた第2のIPM画像IM2'を示し、図3Eは、第1のIPM画像IM1'及び第2のIPM画像IM2'の差分D（所定のしきい値をもって2値化したもの）を示している。また、図3Fは、不図示の

別カメラによって撮像された俯瞰図を示している。図 3 E に示される差分 D を検出することで、対象物である前方車両の位置（白色で示される部分）が計測される。

[0031] 3. 所定領域 R O I の決定

第 3 節では、所定領域 R O I について説明する。2 台のカメラ（第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2）の画角内に対象物が存在する場合、I P M 画像 I M' の対の差分 D において対象物の左右の側辺に相当する部分にそれぞれ大きな三角形状の非ゼロ領域ができる（図 3 E 参照）。2 台のカメラを平面に射影した点の中点 F（撮像装置 2 を射影した点と解する）を原点として角度方向のヒストグラム H G である第 1 のヒストグラム H G 1 を取ると、図 4 A に示されるように、三角形の頂点に対応する位置にピークを持つ。このピークを示す角度がカメラから物体の側辺までの角度を表す。ここで、この物体に対して移動量微小仮定をおく。すなわち、連続するフレーム間の対象物の角度方向の移動量は高々 $\delta \theta$ であると仮定すると、時刻 $t + 1$ におけるピーク位置 θ_{t+1} と時刻 t におけるピーク位置 θ_t の間に [数 4] の関係が成り立つ。

[数 4]

$$[\text{数}4] \quad \theta_t - \delta\theta \leq \theta_{t+1} \leq \theta_t + \delta\theta$$

[0032] また、差分 D において中点 F を中心とする長さ方向のヒストグラム H G である第 2 のヒストグラム H G 2 を取ると、図 4 B に示されるように対象物の下辺に相当する部分で急峻な変化を持つ。フレーム間の長さ方向の移動量に対しても同様に、高々 δr であると仮定すると、時刻 $t + 1$ におけるピーク位置 r_{t+1} と時刻 t におけるピーク位置 r_t の間に [数 5] の関係が成り立つ。

[数 5]

$$[\text{数}5] \quad r_t - \delta r \leq r_{t+1} \leq r_t + \delta r$$

[0033] ここで、[数4] 及び[数5] で表される関係を用いることにより、第1のヒストグラムHG1を取る第1の所定領域ROI1及び第2のヒストグラムHG2を取る第2の所定領域ROI2にそれぞれ限定することができる（図4A及び図4B参照）。特に、図4Aに示される第1のヒストグラムHG1においては、前方車両である対象物の両端部分として、ピーク θ が2つ存在（それぞれ、 θ^l 及び θ^r ）するため、第1の所定領域ROI1の左端は $\theta^l(t) - \delta\theta$ となり、右端が $\theta^r(t) + \delta\theta$ となることに留意されたい。また、次のフレームでは、これらを統合した上で、ヒストグラムHGを取る所定領域ROIのバウンディングボックス部分のみで逆透視投影変換をすればよいとため、大幅に計算を効率化することができる。

[0034] 換言すると、第1のヒストグラムHG1の基準となるパラメータは、IPM画像IM'（より厳密には差分D）における撮像装置2の位置を中心とした極座標での角度 θ であり、第2のヒストグラムHG2の基準となるパラメータは、当該極座標での距離 r である。また、第1のヒストグラムHG1及び第2のヒストグラムHG2におけるそれぞれのパラメータ（角度 θ 及び距離 r ）が所定範囲内にあるか否かに基づいて、次のフレームにおいてヒストグラムHGを生成する際の所定領域ROIが決定される。

[0035] 4. 補正

第4節では、情報処理装置3における補正部334によってなされる補正（キャリブレーション）について説明する。かかる補正によって、逆透視投影変換の精度が向上する。

[0036] 4. 1 単眼カメラでの補正

本実施形態においては、第1のカメラ21及び第2のカメラ22を具備するものの、各カメラ単独で補正を行うように実施することができる。つまり、補正部334は、現在画像と過去画像とを逐次的に比較することで、撮像装置2が有するパラメータを推定し、推定されたパラメータに基づいて、IPM画像IM'の真値との誤差を補正可能に構成される。

[0037] 具体的には、カメラ単独で撮像されたものであって異なるフレーム間の画

像 $I M$ 2 枚を比較する。それぞれの画像 $I M$ に複数の注目点を設定し、位置合せのアルゴリズムを実施する。また、再投影誤差最小化によりカメラ外部パラメータ $\{\Theta\}$ を推定し、推定されたカメラ外部パラメータ $\{\Theta\}$ を用いて画像 $I M$ 2 枚に対し逆透視投影変換を実施し、 $I P M$ 画像 $I M'$ 2 枚を得る。

[0038] 続いて、 $I P M$ 画像 $I M'$ 2 枚に対しても、画像 $I M$ 2 枚と同様に複数の注目点を設定し、位置合せのアルゴリズムを実施する。また、再投影誤差最小化により、再びカメラ外部パラメータ $\{\Theta\}$ を推定する。そして、再び推定されたカメラ外部パラメータ $\{\Theta\}$ を用いて画像 $I M$ 2 枚に対し逆透視投影変換を実施し、新たな $I P M$ 画像 $I M'$ 2 枚を得る。かかる処理を繰り返すと、カメラ外部パラメータ $\{\Theta\}$ が収束し、補正が完了する。かかる収束値には、カメラのピッチ角、ロール角、カメラ自体（計測システム 1）の並進量及び同回転量等が含まれる。このようにして、逆透視投影変換に係る撮像装置 2 の補正がなされる。なお、画像 $I M$ 2 枚ではなく、3 枚以上を利用してもよいし、RANSAC、時系列情報、及びカルマンフィルタ等の利用により推定に失敗した箇所を除去可能に実施してもよい。

[0039] 4. 2 ステレオカメラでの補正

本実施形態においては、第 1 のカメラ 2 1 及び第 2 のカメラ 2 2 を具備するため、かかる構成を利用してカメラ間の位置姿勢関係を把握し、さらに補正を行うことができる。つまり、補正部 3 3 4 は、第 1 の $I P M$ 画像 $I M 1'$ 及び第 2 の $I P M$ 画像 $I M 2'$ を比較することで、これらの座標の対応関係を推定し、推定された座標の対応関係に基づいて、 $I P M$ 画像 $I M'$ の真値との誤差を補正可能に構成される。

[0040] 具体的には、第 4. 1 節において説明した単眼カメラでの補正が済んでいるものとして考える。まず、初期設定として、第 1 の $I P M$ 画像 $I M 1'$ 及び第 2 の $I P M$ 画像 $I M 2'$ を予め設定された所定領域 $R O I$ で区切り、位置合せのアルゴリズムを実施することで、並進・回転 $\{\Theta\}$ のうちの並進量の初期値を得る。

[0041] 以下が繰り返し処理となる。得られた並進?の初期値を用いて再度所定領域ROIで区切り、位置合せのアルゴリズムを実施することで、並進・回転?{ Θ }を得る。続いて、得られた並進・回転?{ Θ }に基づいてIPM画像IM'における所定領域ROIを複数抽出し、それぞれの並進・回転量 θ_i を計算する。そして、全体の並進・回転?{ Θ }と所定領域ROIごとの並進・回転?{ θ } $_i$ が整合しているかを確認し、これを収束するまで繰り返す。このようにして、逆透視投影変換に係る撮像装置2の補正がなされる。

[0042] 4. 3 オプティカルフローを指標とした繰り返し処理

前述に説明した繰り返し処理に際して、より具体的には、時系列に隣接するフレーム(画像IM)に基づいて算出されたオプティカルフローを指標とするとよい。オプティカルフローとは、時刻 $t-1$ における任意に選択された点を始点とし、時刻 t において、選択された点と比較して所定の条件を満たす点(推定移動先)を終点としたベクトルである。オプティカルフローは、画像中における対象物の動きを表す指標として一般的に用いられる。特に、Lucas Kanade法によって計算コストを抑えて演算することが可能である。特に、IPM画像IM'上で、位相限定相関法等の画像の位置合せ手法を用いることで、高精度なオプティカルフローを推定することができる。

[0043] 図8及び図9は、カメラのピッチ角と、路面上の特徴点の動き(オプティカルフロー)との関係を示す概要図である。カメラから近い点と遠い点とを比較すると、カメラのピッチ角、ロール角によって、これらのオプティカルフローは異なるものとなる。また、IPM画像IM'は擬似的に俯瞰画像を形成しているものであり、カメラが並進していると仮定すると、IPM画像IM'における複数の選択された点の各オプティカルフローは、理想的には均一となる。つまり、オプティカルフローが均一となるように繰り返し処理をすることで、収束値として、カメラのピッチ角、ロール角、カメラ自体(計測システム1)の並進量及び同回転量等が得られる。具体的には、図10を参照されたい。図10は、IPM変換処理前の画像IMに対するオプティ

カルフローと（図10A）、1回目IPM変換処理で得られたオプティカルフロー（図10B）と、2回目のIPM変換処理で得られたオプティカルフロー（図10C）とを比較した図である。図10Cでは、図10Bに比べて、よりオプティカルフローが均一となっていることが確認される。

[0044] このような繰り返し処理を高速に実現することで、カメラ外部パラメータ{ Θ }をリアルタイムに得ることができる。したがって、本計測システム1を使用するにあたって、カメラの位置・姿勢が変動する二輪車やドローンにも対応することができる。

[0045] 5. 計測方法

第5節では、本実施形態に係る計測システム1を用いた計測方法について説明する。図5は、計測方法の流れを示すフローチャートである。以下、図5における各ステップに沿って説明する。

[0046] [開始]

（ステップS1）

ある時刻 t において、撮像装置2（第1のカメラ21及び第2のカメラ22）が対象物を100fps以上のフレームレートで画像IM（第1の画像IM1及び第2の画像IM2）として撮像する（ステップS2に続く）。

[0047] （ステップS2）

続いて、ステップS1において撮像された画像IMに対して、所定領域ROIが設定される。なお、ここでの所定領域ROIは、時刻 t よりも過去（通常は1フレーム前）のステップS5（後述）において決定されたものである。ただし、1フレーム目については、かかる所定領域ROIが設定されなくてよい（ステップS3に続く）。

[0048] （ステップS3）

続いて、IPM変換部331が、画像IMに対して逆透視投影変換（第2節参照）を行って、ステップS2で設定された所定領域ROIに限定されたIPM画像IM'（第1のIPM画像IM1'及び第2のIPM画像IM2'）を生成する（ステップS4に続く）。

[0049] (ステップS4)

続いて、ヒストグラム生成部332が、第1のIPM画像IM1'及び第2のIPM画像IM2'の差分Dを演算し、続いて、それぞれ異なるパラメータ（角度及び距離）を基準に生成されたヒストグラムHG（第1のヒストグラムHG1及び第2のヒストグラムHG2）を生成する。また、かかる差分Dに基づいて、位置計測部333が対象物の位置を計測することとなる（ステップS5に続く）。

[0050] (ステップS5)

続いて、ヒストグラム生成部332が、ステップS4において生成されたヒストグラムHGに基づいて、時刻t以降（通常は1フレーム先）のステップS2（前述）において設定されうる所定領域ROIを決定する。

[終了]

[0051] このように、ステップS1～S5が繰り返されることによって、高い動作レートで対象物の位置が計測されることに留意されたい。なお、説明を省略したが、かかるステップの間に第4節において説明した補正部334による補正が実行されることが好ましい。さらに、何れのタイミングにおいても所定領域ROIに関する機械学習をさせてもよい。

[0052] 6. 変形例

第6節では、本実施形態に係る変形例について説明する。すなわち、次のような態様によって、本実施形態に係る計測システム1をさらに創意工夫してもよい。

[0053] 第一に、計測システム1が本自動車の如く移動可能に構成されている場合、図6A及び図6Bに示されるように、計測システム1の速度、加速度、移動方向、周辺環境の少なくとも1つのパラメータを考慮して、所定領域ROIが決定されるようにしてもよい。特に、これらのパラメータと、所定領域ROIとの相関性が機械学習によって予め学習されていることが好ましい。さらに、計測システム1を継続的に使用していく中でさらに機械学習を行って、より好ましい所定領域ROIが決定されることが好ましい。

- [0054] 第二に、障害物となりうる対象物が複数ある場合、情報処理装置 3 における位置計測部 333 が、これら複数の対象物それぞれを分離的に認識可能に構成されることが好ましい。特に、複数の対象物それぞれの囲う所定領域 R O I が機械学習によって予め学習されていることにより、位置計測部 333 が複数の対象物それぞれを分離的に認識可能に構成されることが好ましい。さらに、図 7 に示されるように、計測システム 1 を継続的に使用して、前述の逆透視投影変換を用いた対象物の認識を繰り返す中で、順次所定領域 R O I の機械学習を行うことで分離の精度がより向上されることが好ましい。このようにして、所定領域 R O I に含まれる、様々な対象物の位置、種類などが特定されうる。特に、対象物を囲うバウンディングボックスの下端の値と、撮像装置 2 の高さ、ロール角、ピッチ角をもとに、対象物までの距離を推定可能に構成されるとよい。あるいは、本実施形態に係る計測システム 1 のように撮像装置 2 が 2 眼であれば、ステレオ視によって対象物までの距離を計測するように実施してもよい。
- [0055] 第三に、例えば計測システム 1 を搭載した本自動車であれば、計測された対象物の位置に基づいて、一部又は全部について自動運転がなされてもよい。例えば、衝突を回避するためのブレーキ動作や、ハンドル動作が考えられうる。また、計測された対象物の認識状況を、本自動車の運転者が認知できるように、本自動車内に取り付けられたモニターに表示されるように実施してもよい。
- [0056] 第四に、前述の実施形態では、第 1 のカメラ 21 及び第 2 のカメラ 22 からなる 2 眼の撮像装置 2 を用いているが、3 つ以上のカメラを用いた 3 眼以上の撮像装置 2 を実施してもよい。カメラの個数を増やすことで、計測システム 1 による計測に係るロバスト性が向上するという、有利な効果を奏する。また、第 4. 2 節において説明した補正部 334 による補正についても、3 眼以上で同様に適用可能なことにも留意されたい。
- [0057] 第五に、撮像装置 2 及び情報処理装置 3 を、計測システム 1 としてではなく、これらの機能を有する 1 つの装置として実現してもよい。具体的には例

えば、３次元計測装置、画像処理装置、投影表示装置、３次元シミュレータ装置等が挙げられる。

[0058] ７．結言

以上のように、本実施形態によれば、計測すべき対象物（障害物）の存在をすばやく且つ確実に検知することで、産業における安全なオペレーションを実現可能な計測システム１を実施することができる。

[0059] かかる計測システム１は、対象物の位置を計測可能に構成され、撮像装置２と、情報処理装置３とを備え、前記撮像装置２は、フレームレートが１００fps以上のカメラ（第１のカメラ２１及び第２のカメラ２２）であり、前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像ＩＭとして撮像可能に構成され、前記情報処理装置３は、通信部３１と、ＩＰＭ変換部３３１と、位置計測部３３３とを備え、前記通信部３１は、前記撮像装置２と接続され、前記撮像装置２によって撮像された前記画像ＩＭを受信可能に構成され、前記ＩＰＭ変換部３３１は、前記対象物を含む前記画像ＩＭの少なくとも一部を所定領域ＲＯＩとして設定し、前記画像ＩＭを逆透視投影変換して、前記所定領域ＲＯＩに限定されたＩＰＭ画像ＩＭ'を生成するように構成され、ここで前記ＩＰＭ画像ＩＭ'とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、前記位置計測部３３３は、前記ＩＰＭ画像ＩＭ'に基づいて、前記対象物の位置を計測可能に構成される。

[0060] また、かかる計測システム１を用いることで、計測すべき対象物（障害物）の存在をすばやく且つ確実に検知することで、産業における安全なオペレーションを実現可能な計測方法を実施することができる。

[0061] かかる計測方法は、対象物の位置を計測する方法であって、撮像ステップと、変換ステップと、位置計測ステップとを備え、前記撮像ステップでは、フレームレートが１００fps以上のカメラ（第１のカメラ２１及び第２のカメラ２２）を用いて、前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像ＩＭとして撮像し、前記ＩＰＭ変換ステップでは、前記対象物を含む前記画像ＩＭの少なくとも一部を所定領域ＲＯＩとして決定し、前記画像ＩＭを逆透

視投影変換して、前記所定領域 ROI に限定された IPM 画像 IM' を生成し、ここで前記 IPM 画像 IM' とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、前記位置計測ステップでは、前記 IPM 画像 IM' に基づいて、前記対象物の位置を計測する。

[0062] また、計測すべき対象物（障害物）の存在をすばやく且つ確実に検知することで、産業における安全なオペレーションを実現可能な計測システム 1 をハードウェアとして実施するためのソフトウェアを、プログラムとして実施することもできる。そして、このようなプログラムを、コンピュータが読み取り可能な非一時的な記録媒体として提供してもよいし、外部のサーバからダウンロード可能に提供してもよいし、外部のコンピュータで当該プログラムを起動させて、クライアント端末で各機能を実施可能な、いわゆるクラウド・コンピューティングを実施してもよい。

[0063] かかる計測プログラムは、対象物の位置を計測するためのものであって、コンピュータに撮像機能と、 IPM 変換機能と、位置計測機能とを実行させるように構成され、前記撮像機能によって、カメラ（第 1 のカメラ 21 及び第 2 のカメラ 22）の画角に含まれる対象物が、画像 IM としてフレームレート 100 fps 以上で撮像され、前記 IPM 変換機能によって、前記対象物を含む前記画像 IM の少なくとも一部が所定領域 ROI として決定され、前記画像 IM を逆透視投影変換して、前記所定領域 ROI に限定された IPM 画像 IM' が生成され、ここで前記 IPM 画像 IM' とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、前記位置計測機能によって、前記 IPM 画像 IM' に基づいて、前記対象物の位置が計測される。

[0064] 次に記載の各態様で提供されてもよい。

前記計測システムにおいて、前記撮像装置が撮像した n ($n \geq 2$) 番目のフレームに係る画像を、現在画像と定義し、前記撮像装置が撮像した $n-k$ ($n > k \geq 1$) 番目のフレームに係る画像を、過去画像と定義すると、前記現在画像に対して適用される前記所定領域は、前記過去画像を用いて計測さ

れた前記対象物の過去の位置に基づいて設定される、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記情報処理装置は、補正部をさらに備え、前記補正部は、前記現在画像と前記過去画像とを逐次的に比較することで、前記撮像装置が有するパラメータを推定し、推定された前記パラメータに基づいて、前記 I P M 画像の真値との誤差を補正可能に構成される、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記撮像装置は、第 1 及び第 2 のカメラからなる 2 眼の撮像装置であり、前記第 1 及び第 2 のカメラの画角に含まれる前記対象物を、第 1 及び第 2 の画像として前記フレームレートで撮像可能に構成され、前記 I P M 変換部は、前記第 1 及び第 2 の画像に対応する第 1 及び第 2 の I P M 画像を生成し、前記位置計測部は、前記第 1 及び第 2 の I P M 画像の差分に基づいて前記対象物の位置を計測可能に構成される、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記情報処理装置は、補正部をさらに備え、前記補正部は、前記第 1 及び第 2 の I P M 画像を比較することで、これらの座標の対応関係を推定し、推定された前記座標の対応関係に基づいて、前記 I P M 画像の真値との誤差を補正可能に構成される、計測システム。

前記計測システムにおいて、ヒストグラム生成部をさらに備え、前記ヒストグラム生成部は、前記 I P M 画像の差分に基づいて、前記所定領域に限定されたヒストグラムを生成する、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記ヒストグラムは、それぞれ異なるパラメータを基準に生成された第 1 及び第 2 のヒストグラムを含む複数のヒストグラムであり、それぞれの前記パラメータが所定範囲内にあるか否かに基づいて、前記所定領域が決定される、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記第 1 のヒストグラムの基準となる前記パラメータは、前記 I P M 画像における前記撮像装置の位置を中心とした極座標での角度であり、前記第 2 のヒストグラムの基準となる前記パラメータは、前記極座標での距離である、計測システム。

前記計測システムにおいて、当該計測システムは、移動可能に構成され、前記所定領域は、当該計測システムの速度、加速度、移動方向、周辺環境の少なくとも1つに基づいて決定される、計測システム。

前記計測システムにおいて、当該計測システムの速度、加速度、移動方向、周辺環境の少なくとも1つと、前記所定領域との相関性が、機械学習によって学習可能に構成される、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記対象物は複数あり、前記位置計測部は、前記複数の対象物それぞれを分離的に認識し、且つそれぞれの位置を計測可能に構成される、計測システム。

前記計測システムにおいて、前記複数の対象物を分離的に認識した結果が機械学習可能に構成され、これにより、当該計測システムの継続的な使用を通じて前記位置計測部による分離認識の精度が向上可能に構成される、計測システム。

対象物の位置を計測する計測方法であって、撮像ステップと、IPM変換ステップと、位置計測ステップとを備え、前記撮像ステップでは、フレームレートが100fps以上のカメラを用いて、前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像として撮像し、前記IPM変換ステップでは、前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として決定し、前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定されたIPM画像を生成し、ここで前記IPM画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、前記位置計測ステップでは、前記IPM画像に基づいて、前記対象物の位置を計測する、計測方法。

対象物の位置を計測可能に構成される計測システムの情報処理装置であって、受付部と、IPM変換部と、位置計測部とを備え、前記受付部は、対象物を含む画像を受付可能に構成され、前記IPM変換部は、前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として設定し、前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定されたIPM画像を生成するように構成され、ここで前記IPM画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するよう

に描画された画像であり、前記位置計測部は、前記 I P M 画像に基づいて、前記対象物の位置を計測可能に構成される、情報処理装置。

計測プログラムであって、コンピュータを前記情報処理装置として機能させるもの。

もちろん、この限りではない。

[0065] 最後に、本発明に係る種々の実施形態を説明したが、これらは、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。当該新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。当該実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

符号の説明

[0066]	1	: 計測システム
	2	: 撮像装置
	2 1	: 第 1 のカメラ
	2 2	: 第 2 のカメラ
	3	: 情報処理装置
	3 0	: 通信バス
	3 1	: 通信部
	3 2	: 記憶部
	3 3	: 制御部
	3 3 1	: I P M 変換部
	3 3 2	: ヒストグラム生成部
	3 3 3	: 位置計測部
	3 3 4	: 補正部
	D	: 差分
	H G	: ヒストグラム
	H G 1	: 第 1 のヒストグラム

H G 2	: 第 2 のヒストグラム
I M	: 画像
I M'	: I P M 画像
I M 1	: 第 1 の画像
I M 1'	: 第 1 の I P M 画像
I M 2	: 第 2 の画像
I M 2'	: 第 2 の I P M 画像
R O I	: 所定領域
R O I 1	: 第 1 の所定領域
R O I 2	: 第 2 の所定領域

請求の範囲

- [請求項1] 対象物の位置を計測可能に構成される計測システムであって、
撮像装置と、情報処理装置とを備え、
前記撮像装置は、
フレームレートが100fps以上のカメラであり、
前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像として撮像可能に構成され、
前記情報処理装置は、通信部と、IPM変換部と、位置計測部とを備え、
前記通信部は、
前記撮像装置と接続され、
前記撮像装置によって撮像された前記画像を受信可能に構成され、
前記IPM変換部は、
前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として設定し、
前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定されたIPM画像を生成するように構成され、ここで前記IPM画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、
前記位置計測部は、前記IPM画像に基づいて、前記対象物の位置を計測可能に構成される、
計測システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の計測システムにおいて、
前記撮像装置が撮像した n ($n \geq 2$) 番目のフレームに係る画像を、現在画像と定義し、前記撮像装置が撮像した $n-k$ ($n > k \geq 1$) 番目のフレームに係る画像を、過去画像と定義すると、
前記現在画像に対して適用される前記所定領域は、前記過去画像を用いて計測された前記対象物の過去の位置に基づいて設定される、

計測システム。

[請求項3]

請求項2に記載の計測システムにおいて、

前記情報処理装置は、補正部をさらに備え、

前記補正部は、

前記現在画像と前記過去画像とを逐次的に比較することで、前記撮像装置が有するパラメータを推定し、

推定された前記パラメータに基づいて、前記IPM画像の真値との誤差を補正可能に構成される、

計測システム。

[請求項4]

請求項1～請求項3の何れか1つに記載の計測システムにおいて、

前記撮像装置は、

第1及び第2のカメラからなる2眼の撮像装置であり、

前記第1及び第2のカメラの画角に含まれる前記対象物を、第1及び第2の画像として前記フレームレートで撮像可能に構成され、

前記IPM変換部は、前記第1及び第2の画像に対応する第1及び第2のIPM画像を生成し、

前記位置計測部は、前記第1及び第2のIPM画像の差分に基づいて前記対象物の位置を計測可能に構成される、

計測システム。

[請求項5]

請求項4に記載の計測システムにおいて、

前記情報処理装置は、補正部をさらに備え、

前記補正部は、

前記第1及び第2のIPM画像を比較することで、これらの座標の対応関係を推定し、

推定された前記座標の対応関係に基づいて、前記IPM画像の真値との誤差を補正可能に構成される、

計測システム。

[請求項6]

請求項4又は請求項5に記載の計測システムにおいて、

ヒストグラム生成部をさらに備え、

前記ヒストグラム生成部は、前記 I P M 画像の差分に基づいて、前記所定領域に限定されたヒストグラムを生成する、計測システム。

[請求項7] 請求項 6 に記載の計測システムにおいて、

前記ヒストグラムは、それぞれ異なるパラメータを基準に生成された第 1 及び第 2 のヒストグラムを含む複数のヒストグラムであり、それぞれの前記パラメータが所定範囲内にあるか否かに基づいて、前記所定領域が決定される、計測システム。

[請求項8] 請求項 7 に記載の計測システムにおいて、

前記第 1 のヒストグラムの基準となる前記パラメータは、前記 I P M 画像における前記撮像装置の位置を中心とした極座標での角度であり、

前記第 2 のヒストグラムの基準となる前記パラメータは、前記極座標での距離である、計測システム。

[請求項9] 請求項 1 ～請求項 8 の何れか 1 つに記載の計測システムにおいて、

当該計測システムは、移動可能に構成され、

前記所定領域は、当該計測システムの速度、加速度、移動方向、周辺環境の少なくとも 1 つに基づいて決定される、計測システム。

[請求項10] 請求項 9 に記載の計測システムにおいて、

当該計測システムの速度、加速度、移動方向、周辺環境の少なくとも 1 つと、前記所定領域との相関性が、機械学習によって学習可能に構成される、計測システム。

[請求項11] 請求項 1 ～請求項 1 0 の何れか 1 つに記載の計測システムにおいて、

前記対象物は複数あり、

前記位置計測部は、前記複数の対象物それぞれを分離的に認識し、
且つそれぞれの位置を計測可能に構成される、
計測システム。

[請求項12] 請求項11に記載の計測システムにおいて、

前記複数の対象物を分離的に認識した結果が機械学習可能に構成され、これにより、当該計測システムの継続的な使用を通じて前記位置計測部による分離認識の精度が向上可能に構成される、
計測システム。

[請求項13] 対象物の位置を計測する計測方法であって、

撮像ステップと、IPM変換ステップと、位置計測ステップとを備え、

前記撮像ステップでは、フレームレートが100fps以上のカメラを用いて、前記カメラの画角に含まれる前記対象物を、画像として撮像し、

前記IPM変換ステップでは、

前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として決定し、

前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定されたIPM画像を生成し、ここで前記IPM画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、

前記位置計測ステップでは、前記IPM画像に基づいて、前記対象物の位置を計測する、
計測方法。

[請求項14] 対象物の位置を計測可能に構成される計測システムの情報処理装置であって、

受付部と、IPM変換部と、位置計測部とを備え、

前記受付部は、対象物を含む画像を受付可能に構成され、

前記 I P M 変換部は、

前記対象物を含む前記画像の少なくとも一部を所定領域として設定し、

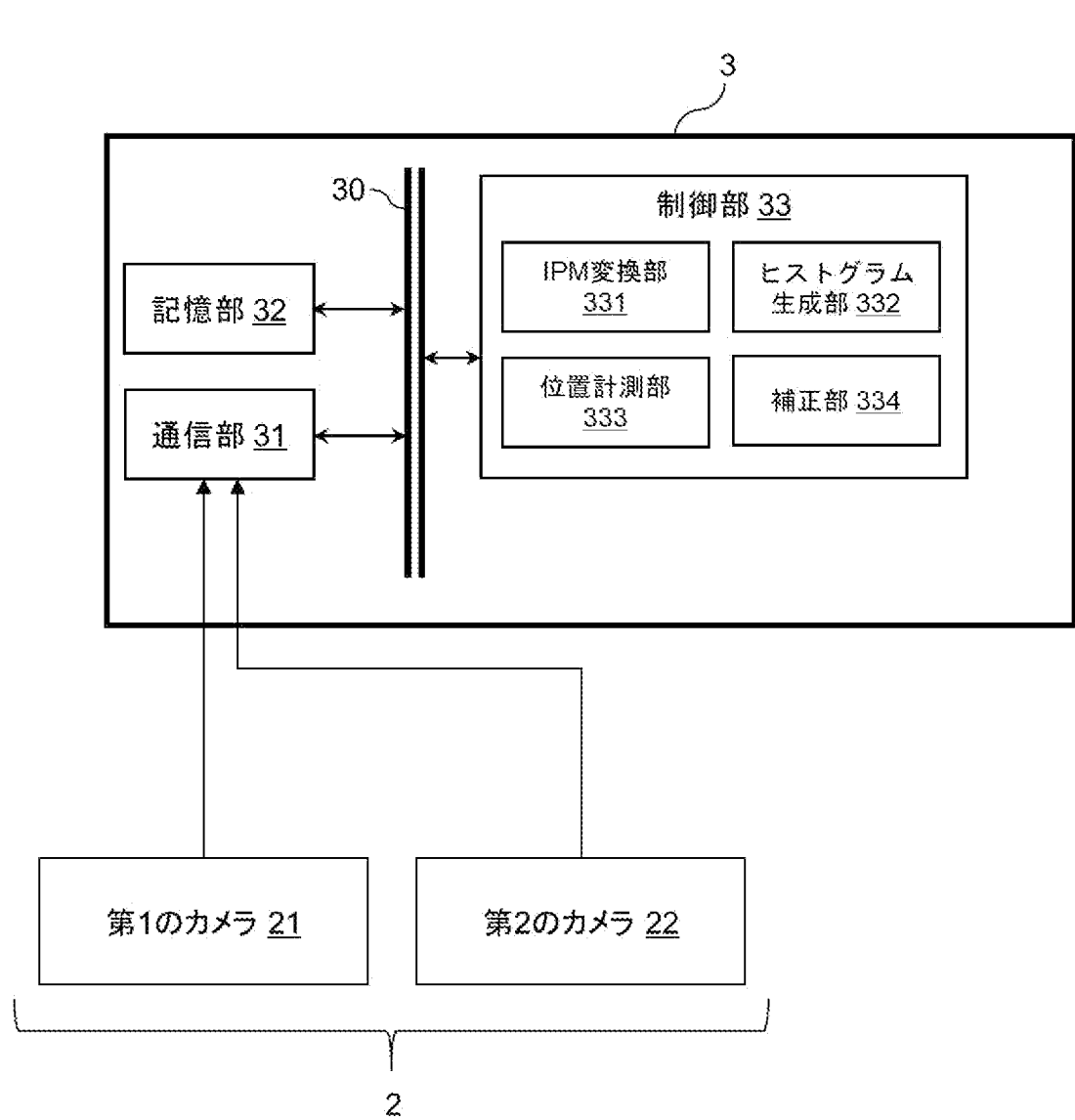
前記画像を逆透視投影変換して、前記所定領域に限定された I P M 画像を生成するように構成され、ここで前記 I P M 画像とは、前記対象物を含む所定平面を俯瞰するように描画された画像であり、

前記位置計測部は、前記 I P M 画像に基づいて、前記対象物の位置を計測可能に構成される、
情報処理装置。

[請求項15] 計測プログラムであって、

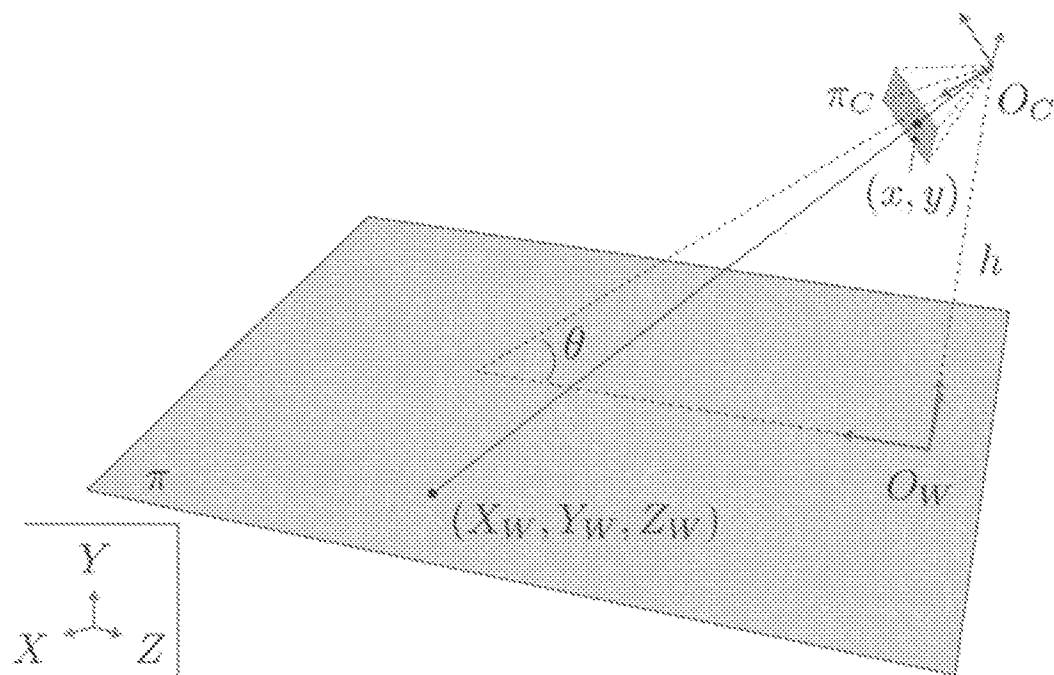
コンピュータを請求項 1 4 に記載の情報処理装置として機能させるもの。

[図1]
Fig.1



[図2]

Fig.2



[図3]

Fig.3A

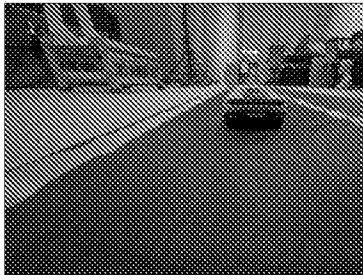


Fig.3B

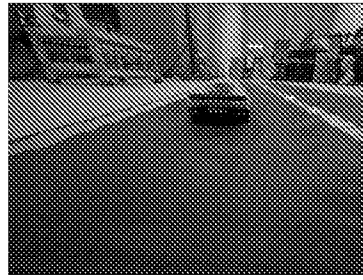


Fig.3C

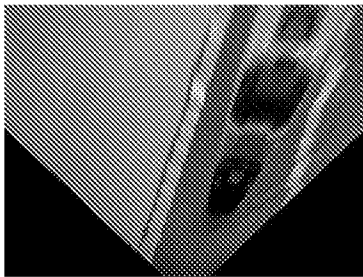


Fig.3D

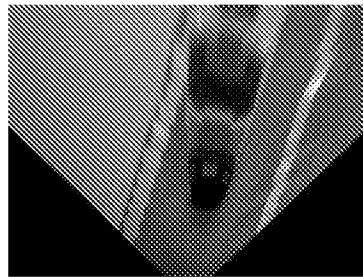


Fig.3E

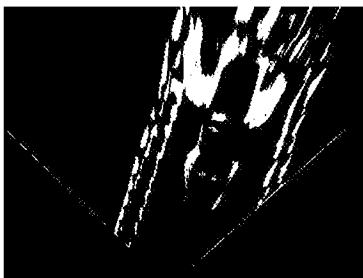
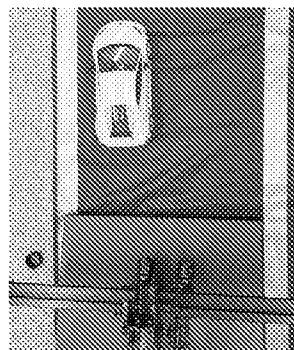


Fig.3F



[図4]

Fig.4A

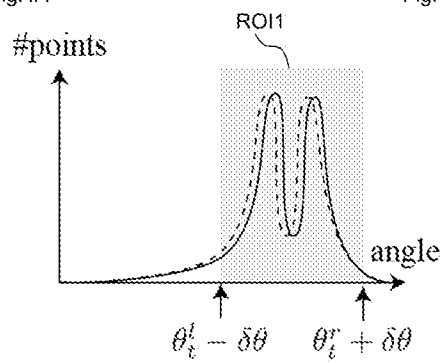
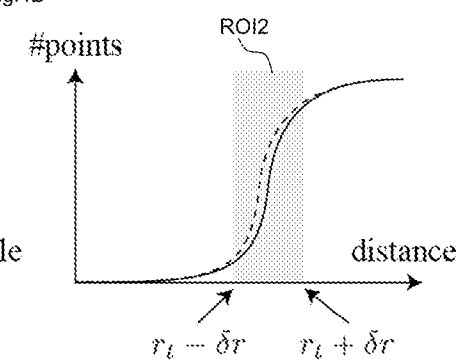
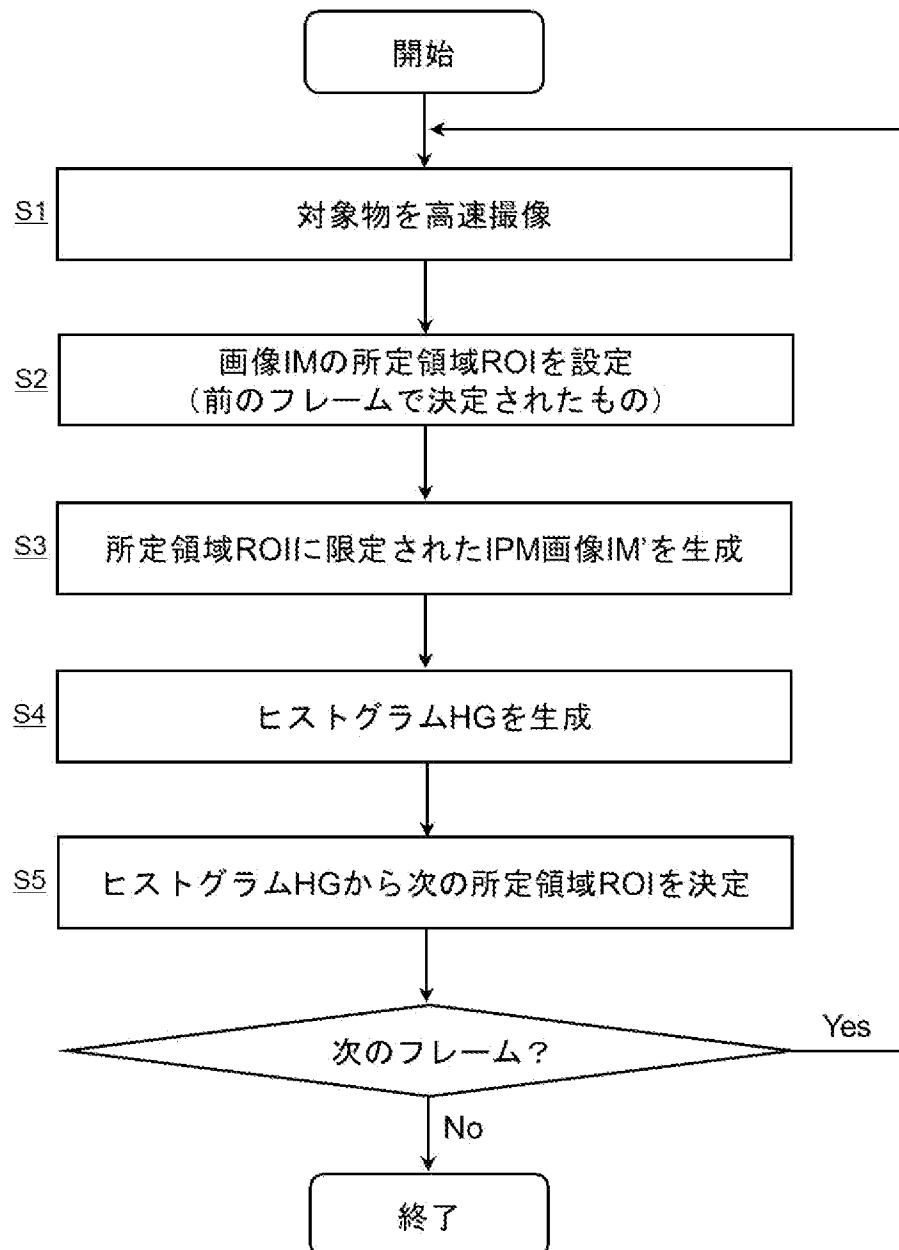


Fig.4B



..... histogram at n -th frame
 ----- histogram at $n+1$ -th frame

[図5]
Fig.5



[図6]
Fig.6A

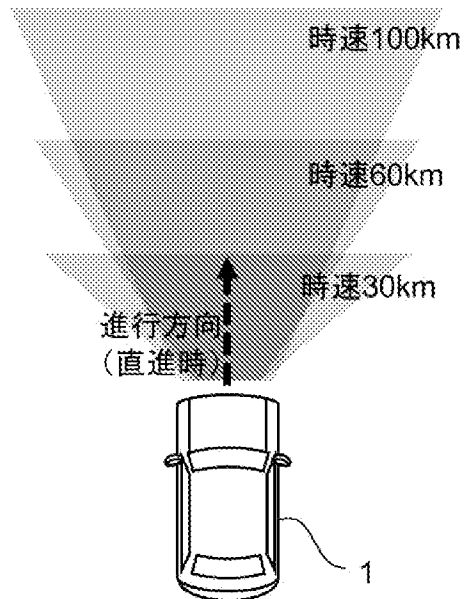
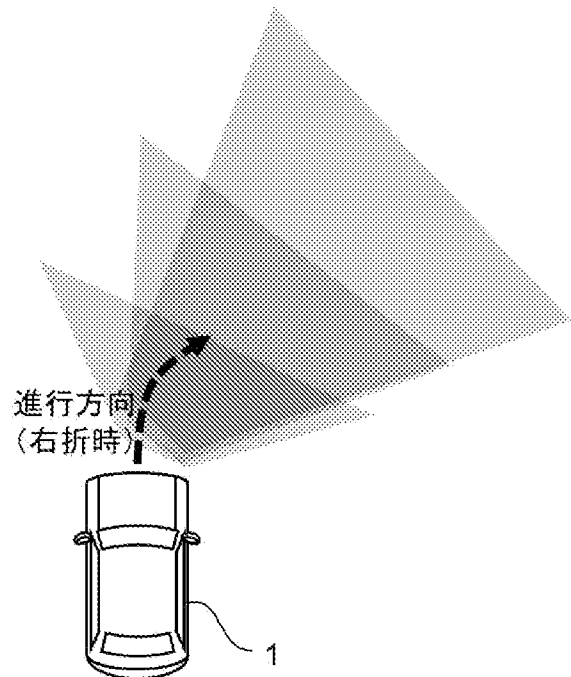
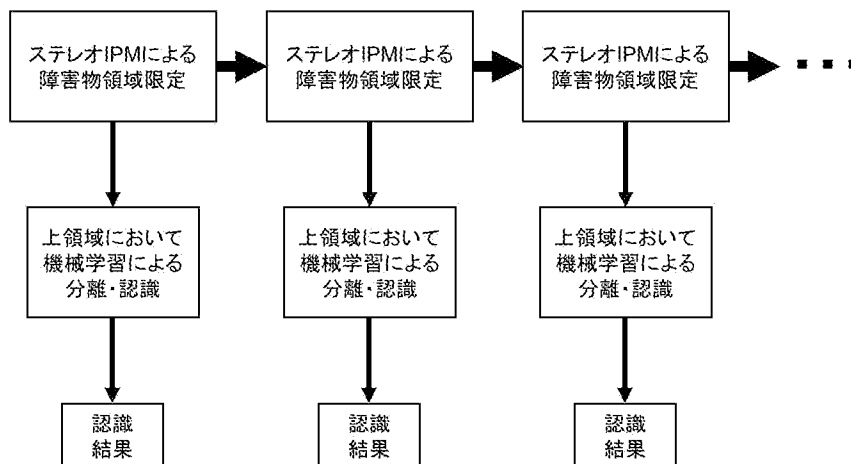


Fig.6B

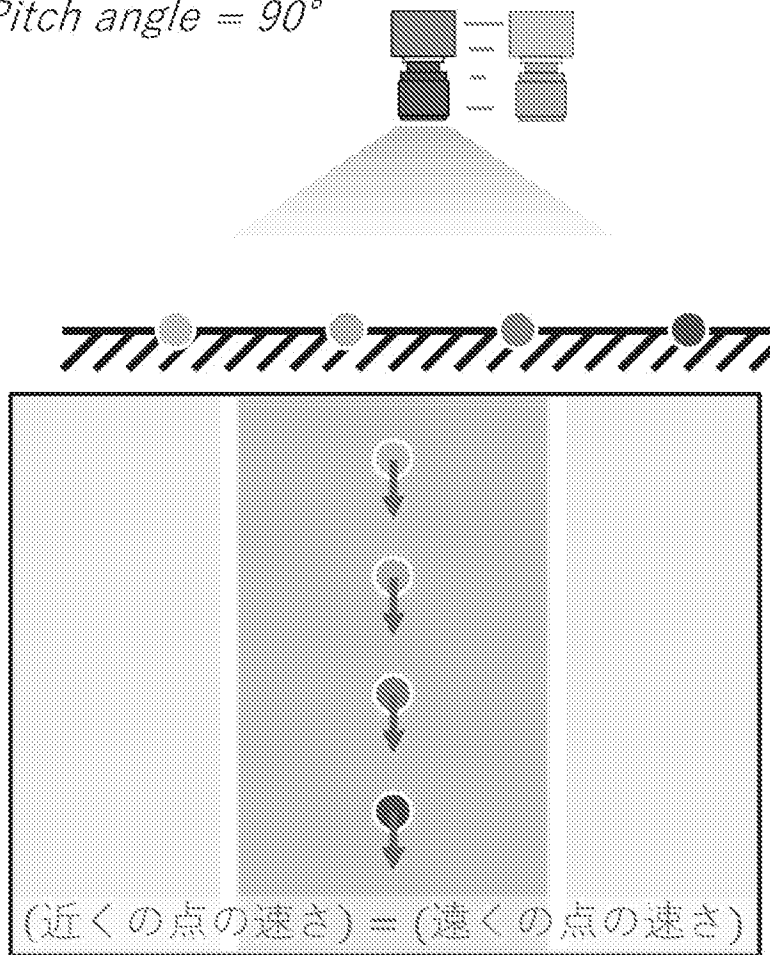


[図7]
Fig.7



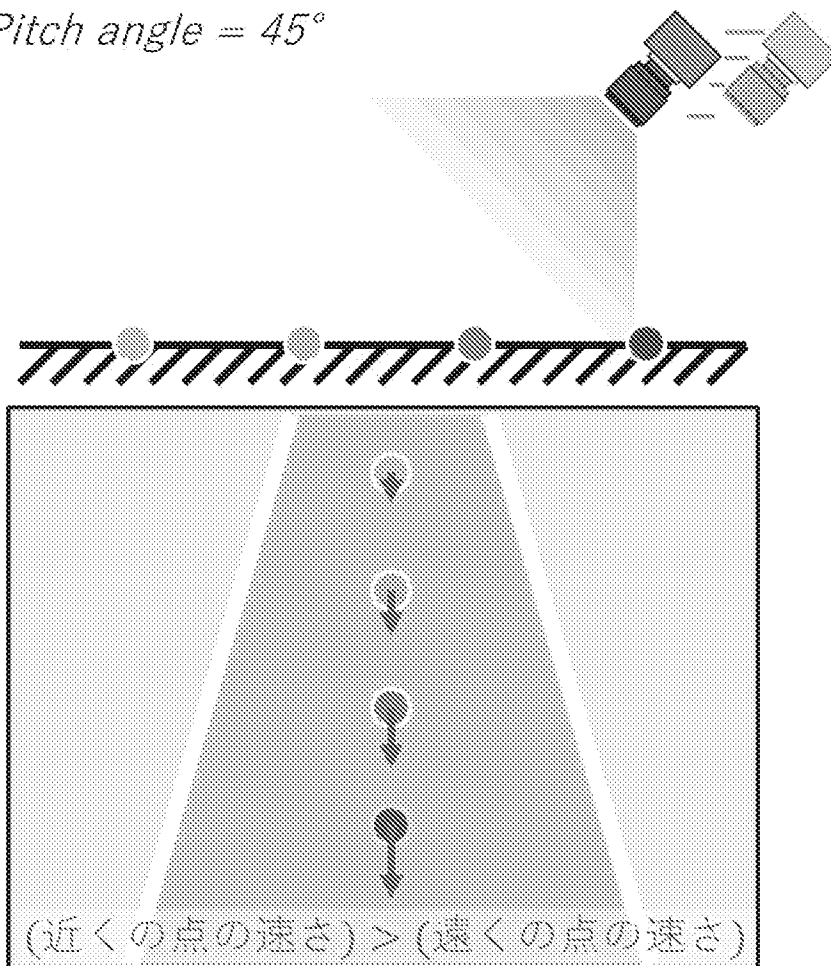
[図8]

Fig.8

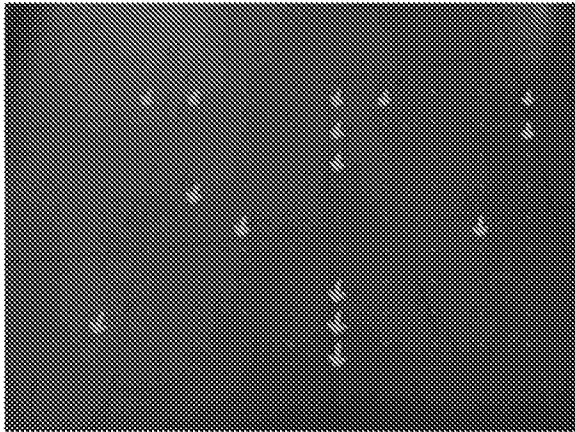
Pitch angle = 90°

[図9]

Fig.9

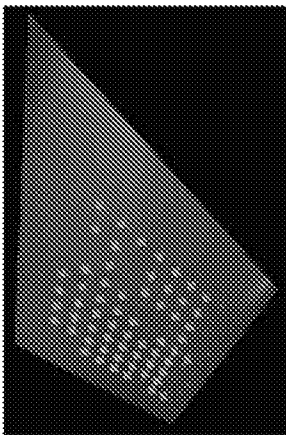
 $Pitch\ angle = 45^\circ$ 

[図10]
Fig.10A



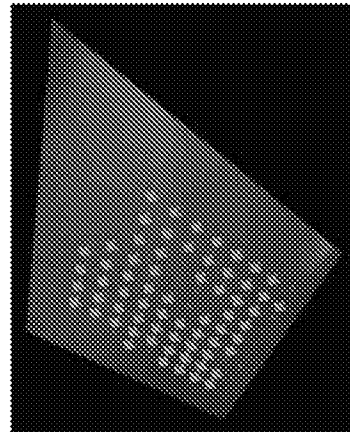
Initial

Fig.10B



OF on 1st V-IMP

Fig.10C



OF on 2nd V-IMP

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048554

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01C3/06(2006.01)i, G01C11/12(2006.01)i
FI: G01C3/06110V, G01C11/12

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)

Int.Cl. G01C3/00-3/32, G01C1/00-1/14, G01C5/00-15/14

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 A	US 2018/0192035 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 05 July 2018, paragraphs [0002], [0010], [0035], [0049], [0106], [0109], [0110], [0126]	1, 4, 11-15 9, 11-12 2-3, 5-8, 10
Y	WO 2006/121087 A1 (OLYMPUS CORPORATION) 16 November 2006, paragraphs [0110]-[0113], fig. 25-28	9, 11-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06.01.2020

Date of mailing of the international search report
21.01.2020

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/048554

US 2018/0192035 A1 05 July 2018

(Family: none)

WO 2006/121087 A1 16 November 2006

US 2008/0088707 A1

paragraphs [0142]-[0145], fig. 25-28

EP 1881450 A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01C 3/06(2006.01)i; G01C 11/12(2006.01)i FI: G01C3/06 110V; G01C11/12														
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）） G01C3/00-3/32; G01C1/00-1/14; G01C5/00-15/14														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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	US 2018/0192035 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 05.07.2018 (2018 - 07 - 05) 段落[0002], [0010], [0035], [0049], [0106], [0109]-[0110], [0126]	1, 4, 11-15												
Y		9, 11-12												
A		2-3, 5-8, 10												
Y	WO 2006/121087 A1 (オリンパス株式会社) 16.11.2006 (2006 - 11 - 16) 段落[0110]-[0113], 図25-28	9, 11-12												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 06.01.2020	国際調査報告の発送日 21.01.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 仲野 一秀 2S 5267 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/048554

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	2018/0192035	A1	05.07.2018	(ファミリーなし)	
WO	2006/121087	A1	16.11.2006	US 2008/0088707 A1	
				段落[0142]-[0145], 図25-28	
				EP 1881450 A1	