

(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1月16日(16.01.2020)

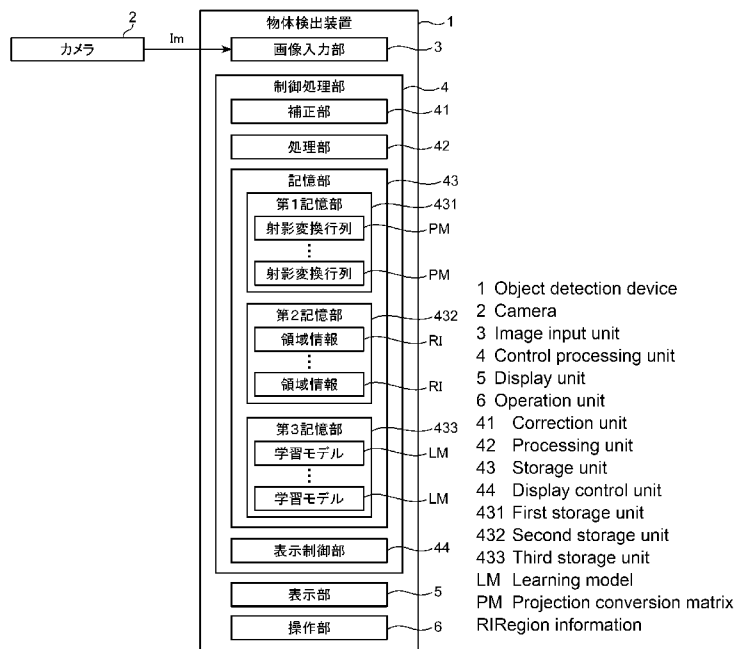


(10) 国際公開番号  
**WO 2020/013105 A1**

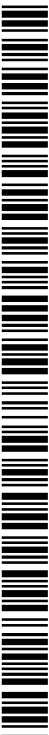
- (51) 国際特許分類:  
*G06T 7/00* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/026924
- (22) 国際出願日: 2019年7月8日(08.07.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2018-133532 2018年7月13日(13.07.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 Hyogo (JP). コベルコ建機株式会社 (KOBELCO CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒7315161 広島県広島市佐伯区五日市港2丁目2番1号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 尾▲崎▼圭太(OZAKI, Keita).
- (74) 代理人: 小谷 悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号大阪中之島ビル2階 Osaka (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, 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, KE, KG, KH,

(54) Title: OBJECT DETECTION DEVICE AND OBJECT DETECTION METHOD FOR CONSTRUCTION MACHINE

(54) 発明の名称: 建設機械用の物体検出装置及び物体検出方法



(57) Abstract: An object detection device (1) equipped with: a correction unit (41) for using projection conversion to correct distortion in an image (Im) captured by a camera (2) that is installed in a construction machine (100) and that captures images of an object to be detected; and a processing unit (42) for setting, in the corrected image (Im), a plurality of regions (R-1, R-2, and R-3) provided in accordance with the distance between the camera (2) and the object and each having a different area, and carrying out image-processing for detecting the object in a portion of the image (Im)



WO 2020/013105 A1

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))

---

corresponding to each of the plurality of regions (R-1, R-2, and R-3).

(57) 要約：物体検出装置(1)は、検出対象となる物体を撮影し、建設機械(100)に搭載されたカメラ(2)によって撮影された画像(1m)に対して、射影変換を用いて画像(1m)の歪みを補正する補正部(41)と、カメラ(2)と物体との距離に応じて設けられ、面積がそれぞれ異なる複数の領域(R-1, R-2, R-3)を、補正後の画像(1m)に設定し、画像(1m)のうち、複数の領域(R-1, R-2, R-3)のそれぞれと対応する部分に対して物体を検出する画像処理をする処理部(42)と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称：建設機械用の物体検出装置及び物体検出方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、カメラで撮影された画像を基にして物体を検出する技術に関する。

### 背景技術

[0002] カメラで撮影された画像に対して、画像処理をして物体検出をする技術が知られている。例えば、特許文献1に開示された物体検出装置は、カメラと検知対象物との距離に応じた距離区分で入力映像の1フレーム中のスキャン範囲を変更するスキャン範囲変更手段と、前記距離区分で検出窓のサイズを変更する検出窓サイズ変更手段と、前記距離区分で前記検出窓の移動量を変更する検出窓移動量変更手段とを有するパラメータ設定手段、前記カメラで撮影した入力映像を入力して、前記スキャン範囲変更手段により前記距離区分に対応して設定されたスキャン範囲で前記入力映像をリサイズするリサイズ処理部、前記検出窓サイズ変更手段により前記距離区分に対応して設定された検出窓サイズおよび前記検出窓移動量変更手段により前記距離区分に対応して設定された検出窓の移動量で、前記リサイズ処理部で処理されたリサイズ画像をサーチするように設定するサーチ設定部、前記サーチ設定部により前記距離区分に応じて設定されたそれぞれの検出窓サイズおよび検出窓の移動量で、前記スキャン範囲に基づいた前記リサイズ画像を前記距離区分の各区分で少なくとも1段階スキャンしてサーチし、前記検知対象物が存在する位置の前記検出窓のエリアを登録して前記検知対象物を検出するマルチサイズラスタスキャン処理部を備える。

[0003] 建設機械の周囲で作業している人の安全性を確保するために、上述したような物体検出装置を建設機械に搭載することが考えられる。建設機械の場合、人の安全性に関わるために、物体検出の精度及び速度の向上がより要求される。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-156988号公報

## 発明の概要

[0005] 本発明の目的は、物体検出の精度及び速度を向上させることができる、建設機械用の物体検出装置及び物体検出方法を提供することである。

[0006] 本発明の一態様に係る建設機械用の物体検出装置は、検出対象となる物体を撮影し、建設機械に搭載されたカメラによって撮影された画像に対して、射影変換を用いて前記画像の歪みを補正する補正部と、前記カメラと前記物体との距離に応じて設けられ、面積がそれぞれ異なる複数の領域を、補正後の前記画像に設定し、前記画像のうち、複数の前記領域のそれぞれと対応する部分に対して前記物体を検出する画像処理をする処理部と、を備える。

## 図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態に係る物体検出装置が搭載された建設機械の一例を示す模式図である。

[図2]実施形態に係る物体検出装置の構成を示すブロック図である。

[図3]カメラによって撮影された画像  $I_m$  の一例である画像  $I_{m-1}$  を示す模式図である。

[図4]補正後の画像  $I_{m-1}$  を示す模式図である。

[図5]カメラによって撮影された画像  $I_m$  の他の例である画像  $I_{m-2}$  を示す画像図である。

[図6]補正後の画像  $I_{m-2}$  を示す画像図である。

[図7]中央に人物が写されている画像  $I_{m-3}$  について、補正後の画像  $I_{m-3}$  を示す画像図である。

[図8]補正後の画像に設定される1つ目の領域を示す模式図である。

[図9]補正後の画像に設定される2つ目の領域を示す模式図である。

[図10]補正後の画像に設定される3つ目の領域を示す模式図である。

[図11]実施形態に係る物体検出装置の動作を説明するフローチャートである。

[図12]補正前の画像  $I_m - 1$  から抽出されたHOG特徴量の例を説明する説明図である。

[図13]補正後の画像  $I_m - 1$  から抽出されたHOG特徴量の例を説明する説明図である。

[図14]カメラによって撮影された画像  $I_m$  のさらに他の例である画像  $I_m - 4$  を示す模式図である。

[図15]補正後の画像  $I_m - 4$  を示す模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面に基づいて本発明の実施形態を詳細に説明する。各図において、同一符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、その構成について、既に説明している内容については、その説明を省略する。本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し（例えば、人物10）、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す（例えば、人物10-1）。

[0009] 図1は、実施形態に係る物体検出装置1が搭載された建設機械100の一例を示す模式図である。物体検出装置1は、検出対象となる物体を撮影するカメラ2が撮影した画像  $I_m$ （動画）に対して、画像処理をして、画像  $I_m$  に写された物体を検出する装置である。物体として人物10を例にして説明する。

[0010] 建設機械100は、オペレータが建設機械100を操作するキャビン101を備える。物体検出装置1は、キャビン101内に配置されている。カメラ2は、建設機械100の所定の箇所に搭載され、検出対象となる人物10（例えば、人物10-1）が出現する範囲に撮影範囲が設定される。カメラ2は、撮影した画像  $I_m$  を物体検出装置1に送る。

[0011] 図2は、実施形態に係る物体検出装置1の構成を示すブロック図である。物体検出装置1は、画像入力部3と、制御処理部4と、表示部5と、操作部

6と、を備える。

[0012] 画像入力部3は、カメラ2が撮影した画像Im（動画）を入力する。画像入力部3は、入力インターフェース（入力インターフェース回路）により実現される。

[0013] 制御処理部4は、物体検出装置1の各種制御及び各種処理をするハードウェアプロセッサであり、機能ブロックとして、補正部41と、処理部42と、記憶部43と、表示制御部44と、を備える。制御処理部4は、CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、および、HDD（Hard Disk Drive）等のハードウェア、上記機能ブロックの機能を実行するためのプログラムおよびデータ等によって実現される。

[0014] 補正部41は、画像入力部3に入力された画像Imの歪みを補正する。画像Imの歪みが補正される理由を説明する。図1を参照して、建設機械100は比較的大きいので、カメラ2が搭載される箇所は、通常、人物10（例えば、人物10-1）の高さより上にある。建設機械100の近くは危険なので、建設機械100の近くにいる人物10（例えば、人物10-1）を検出できるように、カメラ2の光軸21は、斜め下向きに設定される（言い換えれば、光軸21は、人物10を見下ろす角度に設定される）。検出範囲（撮影範囲）を広くするために、カメラ2のレンズは広角レンズである。以上より、カメラ2が撮影した画像Imは、比較的大きく歪んでいる。

[0015] 図3は、カメラ2によって撮影された画像Imの一例である画像Im-1を示す模式図である。画像Im-1は、逆台形（倒立台形）に歪んでいる。これにより、画像Im-1の左側に写る人物10-2は左に傾き、画像Im-1の右側に写る人物10-3は右に傾き、人物10の通常の姿と異なるので、人物検出の精度が低下する原因となる。

[0016] 補正部41は、画像Im-1に対して、画像Im-1の垂直方向の下側か

ら上側に向かうに従って、画像  $I_{m-1}$  の水平方向の長さを小さくする射影変換をすることにより、画像  $I_{m-1}$  の形状を台形に補正する。図4は、補正後の画像  $I_{m-1}$  を示す模式図である。画像  $I_{m-1}$  の面積は、補正前より補正後の方が小さい。補正後の画像  $I_{m-1}$  の両側にある黒領域  $B_R$  は、補正前の画像  $I_{m-1}$  のうち、補正により無くなった部分を示す。補正後の画像  $I_{m-1}$  の面積と黒領域  $B_R$  の面積とを足した値が、補正前の画像  $I_{m-1}$  の面積となる。なお、補正前及び補正後の画像  $I_m$  の垂直方向は、撮影時の画像  $I_m$  の垂直方向であり、補正前及び補正後の画像  $I_m$  の水平方向は、撮影時の画像  $I_m$  の水平方向である。

[0017] 補正により、画像  $I_{m-1}$  の歪みが小さくなり、又は、無くなるので、画像  $I_{m-1}$  の左側に写る人物  $10-2$  が左に傾く量、及び、画像  $I_{m-1}$  の右側に写る人物  $10-3$  が右に傾く量を、小さくすることができ、又は、無くすることができる。

[0018] 画像  $I_m$  の歪みの補正について、画像図を用いて説明する。図5は、カメラ2によって撮影された画像  $I_m$  の他の例である画像  $I_{m-2}$  を示す画像図である。画像  $I_{m-2}$  の右側に人物  $10-4$  が写されている。画像  $I_{m-2}$  は、逆台形に歪んでいる。これにより、人物  $10-4$  は右に傾いている。図6は、補正後の画像  $I_{m-2}$  を示す画像図である。補正により、画像  $I_{m-2}$  の歪みが小さくされるので、画像  $I_{m-2}$  の右側に写る人物  $10-4$  が右に傾く量を小さくすることができる。

[0019] 画像  $I_{m-2}$  の中央は、左右側と比べて、画像  $I_{m-2}$  の傾き量が小さい。図7は、中央に人物  $10-5$  が写されている画像  $I_{m-3}$  について、補正後の画像  $I_{m-3}$  を示す画像図である。人物  $10-5$  の傾きがほぼ無くなっている。

[0020] 図2を参照して、処理部42は、補正後の画像  $I_m$  に領域を設定し（領域は、探索領域と称されたり、関心領域と称されたりする）、補正後の画像  $I_m$  のうち、領域と対応する部分に対して人物  $10$  を検出する画像処理をする。

[0021] 補正後の画像  $I_m$ （例えば、図4に示す画像  $I_{m-1}$ ）は、補正前の画像  $I_m$ （例えば、図3に示す画像  $I_{m-1}$ ）と比べて、水平方向の長さが画像  $I_m$  の下側から上側に向かうに従って小さくなる。従って、画像  $I_m$  の水平方向において、補正後の画像  $I_m$  は補正前の画像  $I_m$  よりも、人物検出する範囲が狭くなる。よって、補正後の画像  $I_m$  に領域を設定して人物検出をする場合、補正前の画像  $I_m$  に領域を設定して人物検出をする場合と比べて、領域の水平方向の長さを小さくできる。この結果、補正後の画像  $I_m$  に領域を設定して人物検出をする場合は、補正前の画像  $I_m$  に領域を設定して人物検出をする場合と比べて、領域の面積を小さくできるので、人物検出の画像処理の量を減らすことができる。処理部42は、補正後の画像  $I_m$  に領域を設定して人物検出をし、画像処理の量を減らすことができるので、人物検出の速度を向上させることができる。

[0022] 処理部42は、上述した画像処理について、カメラ2と物体との距離に応じて設けられた複数の領域  $R$  のそれぞれに対して実行する。領域は1つでなく、カメラ2と人物10との距離に応じて複数の領域が設けられる。実施形態では、3つの領域  $R$ （領域  $R-1$ 、 $R-2$ 、 $R-3$ ）を例にして説明する。図8は、補正後の画像  $I_m$  に設定される1つ目の領域  $R-1$  を示す模式図である。図9は、補正後の画像  $I_m$  に設定される2つ目の領域  $R-2$  を示す模式図である。図10は、補正後の画像  $I_m$  に設定される3つ目の領域  $R-3$  を示す模式図である。

[0023] 領域  $R-1$  は、カメラ2からの距離が近距離（例えば、カメラ2から3メートル以下の距離）である人物10の検出に用いられる。領域  $R-2$  は、カメラ2からの距離が中距離（例えば、カメラ2から3～6メートルの距離）である人物10の検出に用いられる。領域  $R-3$  は、カメラ2からの距離が長距離（例えば、カメラ2から6～10メートルの距離）である人物10の検出に用いられる。

[0024] カメラ2と人物10（物体）との距離に応じて、領域  $R$  の面積が変えられている。理由は、以下の通りである。カメラ2と人物10との距離が長くな

るに従って、画像 1 m において、人物 10 が写る可能性がある部分の面積が小さくなる。例えば、屋外を歩いている人物 10 の検出では、カメラ 2 と人物 10 との距離が長くなるに従って、地面が写る部分の面積及び空が写る部分の面積が大きくなり、人物 10 が写る可能性がある部分の面積が小さくなる。

[0025] そこで、カメラ 2 と人物 10 との距離が、近距離、中距離、遠距離に分けられ、以下の関係が成立する領域 R の面積にしている。これにより、人物検出の画像処理の量を減らすことができるので、人物検出の速度を向上させることができる。

[0026] 近距離用の領域 R (領域 R - 1) の面積 > 中距離用の領域 R (領域 R - 2) の面積 > 遠距離用の領域 R (領域 R - 3) の面積

領域 R - 1, R - 2, R - 3 は、補正前の画像 1 m の水平方向の長さよりも小さい水平方向の長さを有する。カメラ 2 からの距離が近距離の人物 10 が補正後の画像 1 m に写る範囲は、補正後の画像 1 m のほぼ全体である。近距離用の領域 R - 1 は、補正後の画像 1 m のほぼ全体に設定される。補正後の画像 1 m の下側の部分には、建設機械 100 が写るので、この部分には、近距離用の領域 R - 1 が設定されていない。

[0027] 中距離用の領域 R - 2 は、補正後の画像 1 m の中心の少し下から画像 1 m の上端までの部分に設定される。カメラ 2 からの距離が中距離の人物 10 は、この部分に写るからである。遠距離用の領域 R - 3 は、補正後の画像 1 m の中心より、上側の部分に設定される。カメラ 2 からの距離が遠距離の人物 10 は、この部分に写るからである。

[0028] 以上により、処理部 42 は、補正後の画像 1 m の全体に対して、人物検出の画像処理をする場合と比べて、画像処理の量を減らすことができる。

[0029] 処理部 42 は、補正後の画像 1 m の水平方向において、遠距離用の領域 R - 3 の両端を補正後の画像 1 m に収めて、領域 R - 3 を設定し、補正後の画像 1 m の水平方向において、近距離用の領域 R - 1 及び中距離用の領域 R - 2 領域の両端を補正後の画像 1 m の両端からはみだして、領域 R - 1, R -

2を設定する。すなわち、処理部42は、複数の領域Rのうち、予め定められた値より大きい距離での人物検出に用いられる領域Rを、補正後の画像Imに収めて設定し、複数の領域Rのうち、その値以下の距離での人物検出に用いられる領域Rを、補正後の画像Imからはみだして設定する。

[0030] 領域Rは四角形であり、補正後の画像Imは台形である。このため、補正後の画像Imに領域Rが設定されたとき、補正後の画像Imの水平方向において、領域Rの両端と補正後の画像Imの両端とを一致させることができない。補正後の画像Imの水平方向において、領域Rの両端が補正後の画像Imの両端からはみだしているとき、処理部42は、領域Rのうち、はみだした個所に対して、人物検出の画像処理をすることは無駄である。

[0031] これに対して、補正後の画像Imの水平方向において、領域Rの両端が補正後の画像Imに収められているとき（領域Rの両端が補正後の画像Imの両端からはみだしていない）、上記無駄をなくすることができる。これにより、画像処理の量を減らすことができる。しかし、補正後の画像Imの両端には、人物検出の画像処理がされない箇所が発生する。これにより、人物検出の精度が低下する。

[0032] 建設機械100の近くは危険である。そこで、実施形態は、カメラ2と人物10との距離が近距離及び中距離の場合（予め定められた値以下の距離での人物検出の場合）、人物検出の精度を優先させ、その距離が遠距離の場合（予め定められた値より大きい距離での人物検出の場合）、無駄な画像処理をなくすことを優先させる。

[0033] なお、領域Rの形状と補正後の画像Imとの関係で、領域Rの両端と補正後の画像Imの両端とを一致させることができない例は、領域Rの形状が四角形であり、補正後の画像Imの形状が台形である場合に限らない。例えば、領域Rの形状が長方形であり、補正後の画像Imの形状が平行四辺形である場合にも生じる。

[0034] 図2を参照して、記憶部43は、第1記憶部431と、第2記憶部432と、第3記憶部433と、を備える。第1記憶部431は、射影変換行列P

Mを予め記憶している。射影変換行列PMは、画像Imの歪みを補正する射影変換に用いられる行列である。射影変換行列PMの算出方法は、後で説明する。

[0035] 第2記憶部432は、複数の領域Rが補正後の画像Imに設定される条件を示す領域情報R1を予め記憶している。複数の領域Rの条件とは、領域Rの数、領域Rの設定位置（補正後の画像Im上の座標）等である。図8～図10において、領域Rが3つを例にして説明しているが、領域Rが2つでもよし、4以上でもよい。

[0036] 第3記憶部433は、機械学習がされた学習モデルLMを予め記憶している。処理部42は、学習モデルLMを用いて、機械学習の予測・認識フェーズを実行することにより、補正後の画像Imに写された人物10を検出する。学習モデルLMは、直立状態の人物の画像を教師データとして、構築された学習モデルと、中腰状態の人物の画像を教師データとして、構築された学習モデルと、しゃがんだ状態の人物の画像を教師データとして、構築された学習モデルと、を含む。学習モデルLMは、直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のそれぞれの人物10を検出するために使用される。建設現場において、人物10は、主に、直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のいずれかである。例えば、直立状態の人物10を検出するための学習モデルのみでは、中腰状態、しゃがんだ状態の人物10の検出精度が低下する。実施形態は、直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のそれぞれの人物10を検出するための学習モデルLMを備えることにより、人物検出の精度を向上させる。

[0037] 図1及び図2を参照して、カメラ2の位置の高さとカメラ2の光軸21の角度（カメラ2の傾斜角 $\theta$ ）との組み合わせに応じて、射影変換行列PM、領域情報R1、学習モデルLMがそれぞれ定まる。建設機械100には様々な機種があり、機種に応じて建設機械100の形状、大きさが異なる。このため、建設機械100の機種に応じて、カメラ2の位置の高さと光軸21の角度との組み合わせが異なる。例えば、カメラ2の高さが1メートルと光軸21の角度が15度との組み合わせが適用される機種、カメラ2の高さが2

メートルと光軸 2 1 の角度が 2 0 度との組み合わせが適用される機種、カメラ 2 の高さが 3 メートルと光軸 2 1 の角度が 4 0 度との組み合わせが適用される機種がある。

[0038] 組み合わせに応じて、射影変換行列 P M、領域情報 R 1、学習モデル L M を定めれば、人物検出の精度が向上する。そこで、第 1 記憶部 4 3 1 は、カメラ 2 の位置の高さとカメラ 2 の光軸 2 1 の角度との組み合わせに応じて算出された射影変換行列 P M について、複数の組み合わせと、複数の射影変換行列 P M と、を紐づけて予め記憶している。第 2 記憶部 4 3 2 は、カメラ 2 の位置の高さとカメラ 2 の光軸 2 1 の角度との組み合わせに応じて定められた領域情報 R 1 について、複数の組み合わせと、複数の領域情報 R 1 と、を紐づけて予め記憶している。第 3 記憶部 4 3 3 は、カメラ 2 の位置の高さとカメラ 2 の光軸 2 1 の角度との組み合わせに応じて構築された学習モデル L M について、複数の組み合わせと、複数の学習モデル L M と、を紐づけて予め記憶している。従って、実施形態に係る物体検出装置 1 は、様々な機種の建設機械 1 0 0 に適用することができる。

[0039] 射影変換行列 P M、領域情報 R 1 及び学習モデル L M の設定者は、建設機械 1 0 0 に搭載されるカメラ 2 の位置の高さ及びカメラ 2 の光軸 2 1 の角度を、操作部 6 を用いて、制御処理部 4 に入力する。補正部 4 1 は、第 1 記憶部 4 3 1 に記憶されている複数の射影変換行列 P M から、入力された高さや角度との組み合わせに紐付けられた射影変換行列 P M を選択し、画像 I m の傾きの補正を実行する。処理部 4 2 は、第 2 記憶部 4 3 2 に記憶されている複数の領域情報 R 1 から、入力された高さや角度との組み合わせに紐付けられた領域情報 R 1 を選択し、補正後の画像 I m に対して、人物検出の画像処理を実行する。処理部 4 2 は、第 3 記憶部 4 3 3 に記憶されている複数の学習モデル L M から、入力された高さや角度との組み合わせに紐付けられた学習モデル L M を選択し、機械学習を実行する。

[0040] 表示制御部 4 4 は、各種の画像、各種の情報等を表示部 5 に表示させる。例えば、表示制御部 4 4 は、建設機械 1 0 0 の作動中にカメラ 2 が撮影した

画像 I m (動画) をリアルタイムで表示部 5 に表示させ、処理部 4 2 が人物 1 0 を検出したとき、アラームを表示部 5 に表示させる。アラームは、例えば、処理部 4 2 が人物 1 0 を検出したとき、表示制御部 4 4 は、この人物 1 0 を囲む枠が加えられた画像 I m を表示部 5 に表示させる。カメラ 2 と人物 1 0 との距離に応じて枠の色を変えてもよい。例えば、表示制御部 4 4 は、近距離にいる人物 1 0 が検出された場合、この人物 1 0 を囲む枠の色を赤とし、中距離にいる人物 1 0 が検出された場合、この人物 1 0 を囲む枠の色を黄とし、遠距離にいる人物 1 0 が検出された場合、この人物 1 0 を囲む枠の色を緑とする。

[0041] 表示部 5 は、液晶ディスプレイ、有機 E L ディスプレイ (Organic Light Emitting Diode display) 等によって実現される。

[0042] 操作部 6 は、物体検出装置 1 のユーザー (建設機械 1 0 0 のオペレータ) が、物体検出装置 1 を操作する入力したり、射影変換行列 P M 等を設定する者がこの設定に必要な情報 (カメラ 2 の位置の高さ、光軸 2 1 の角度) を入力したりする装置である。操作部 6 は、タッチパネル、ハードキー等によって実現される。

[0043] 実施形態に係る物体検出装置 1 の動作を説明する。図 1 1 は、この動作を説明するフローチャートである。図 2 及び図 1 1 を参照して、補正部 4 1 は、射影変換行列 P M を予め選択し、処理部 4 2 は、領域情報 R 1 及び学習モデル L M を予め選択している。カメラ 2 は、建設機械 1 0 0 の作動中に画像 I m (動画) を撮影し、撮影した画像 I m をリアルタイムで画像入力部 3 に送る。画像入力部 3 は、カメラ 2 が撮影した画像 I m を入力し (ステップ S 1)、制御処理部 4 に画像 I m を送る。

[0044] 補正部 4 1 は、制御処理部 4 に送られた画像 I m に対して、選択した射影変換行列 P M を用いて、射影変換をして、画像の歪み (傾き) を補正する (ステップ S 2)。これにより、例えば、図 4 に示す画像 I m - 1 が得られる。

- [0045] 処理部42は、補正後の画像Imに対して、領域Rを設定する（ステップS3）。ここでは、図8～図10に示す3つの領域Rのうち、近距離用の領域R-1が設定される。
- [0046] 処理部42は、近距離用の領域R-1が設定された画像Imのうち、領域R-1と対応する部分に対して、機械学習の認識フェーズを実行することにより、人物検出をする（ステップS4）。詳しく説明すると、処理部42は、領域R-1と対応する部分に対して、人物10の特徴量を抽出する画像処理をする。ここでは、HOG (Histogram of Oriented Gradients) 特徴量とする。処理部42は、抽出したHOG特徴量を基にして、領域R-1に人物10が存在するか否かを識別する。この識別には、例えば、SVM (Support Vector Machine)、Cascade-AdaBoost分類器を使用することができる。
- [0047] 人物検出の手法は、機械学習に限らず、例えば、パターンマッチング、オプティカルフローでもよい。
- [0048] 処理部42が、領域R-1に人物10が存在する識別をしたとき、領域R-1から人物10を検出したと判定し、領域R-1に人物10が存在しない識別をしたとき、領域R-1から人物10を検出していないと判定する。
- [0049] 処理部42が選択した学習モデルLMには、直立状態の人物の画像を教師データとして、構築された学習モデルと、中腰状態の人物の画像を教師データとして、構築された学習モデルと、しゃがんだ状態の人物の画像を教師データとして、構築された学習モデルとが含まれる。処理部42は、これらの学習モデルのそれぞれを用いて、人物検出の処理をする（ステップS4）。
- [0050] 処理部42は、3つの領域R-1, R-2, R-3の全てに対して、人物検出の処理（ステップS4）が終了したか否かを判断する（ステップS5）。処理部42が、3つの領域R-1, R-2, R-3の全てに対して、人物検出の処理が終了していないと判断したとき（ステップS5でNo）、処理部42は、補正後の画像Imに対して、領域Rを設定する（ステップS3）。ここでは、3つの領域R-1, R-2, R-3のうち、中距離用の領域R

− 2 が設定される。

[0051] 処理部 4 2 は、中距離用の領域 R − 2 について、短距離用の領域 R − 1 の場合と同様の方法を用いて、人物検出をする（ステップ S 4）。

[0052] 処理部 4 2 は、3つの領域 R − 1, R − 2, R − 3の全てに対して、人物検出の処理（ステップ S 4）が終了したか否かを判断する（ステップ S 5）。処理部 4 2 が、3つの領域 R − 1, R − 2, R − 3の全てに対して、人物検出の処理が終了していないと判断したとき（ステップ S 5で N o）、処理部 4 2 は、補正後の画像 I m に対して、領域 R を設定する（ステップ S 3）。ここでは、3つの領域 R − 1, R − 2, R − 3のうち、長距離用の領域 R − 3 が設定される。

[0053] 処理部 4 2 は、長距離用の領域 R − 3 について、短距離用の領域 R − 1 の場合と同様の方法を用いて、人物検出をする（ステップ S 4）。

[0054] 処理部 4 2 が、3つの領域 R − 1, R − 2, R − 3の全てに対して、人物検出の処理が終了したと判断する（ステップ S 5で Y e s）。処理部 4 2 が、ステップ S 4 において、人物 1 0 を検出したとき（ステップ S 6で Y e s）、表示制御部 4 4 は、アラームを表示部 5 に表示させる（ステップ S 7）。処理部 4 2 が、ステップ S 4 において、人物 1 0 を検出していないとき（ステップ S 6で N o）、表示制御部 4 4 は、アラームを表示部 5 に表示させない（ステップ S 8）。

[0055] 物体検出装置 1 は、所定の時間間隔（サンプリング周期）で、ステップ S 2 ~ ステップ S 8 の処理を実行する。なお、処理部 4 2 は、時間間隔について、カメラ 2 と人物 1 0 との距離が長いと、時間間隔を長くし、距離が短いと、時間間隔を短くしてもよい。例えば、処理部 4 2 は、近距離用の領域 R − 1 を用いた人物検出の時間間隔を、中距離用の領域 R − 2、遠距離用の領域 R − 3 を用いた人物検出の時間間隔より短くする。

[0056] 人物検出の時間間隔が長いと、人物検出のための画像処理の量（ステップ S 2 ~ ステップ S 5 の一連の処理量）を減らすことができるが、人物検出の精度が低下する。これに対して、人物検出の時間間隔が短いと、人物検出の

ための画像処理の量が増えるが、人物検出の精度が向上する。建設機械100の近くは危険である。そこで、カメラ2と人物10との距離が短い場合、人物検出の精度を優先させ、その距離が長い場合、人物検出の画像処理の量を減らすことを優先させる。

[0057] 実施形態によれば、カメラ2が撮影した画像1mに対して、射影変換をすることにより、画像1mの歪みを補正し（ステップS2）、補正後の画像1mに対して、HOG特徴量を基にした機械学習をして、人物検出をする（ステップS4）。これにより、人物検出の精度を向上させることができる。これについて詳しく説明する。

[0058] 図12は、補正前の画像1m-1から抽出されたHOG特徴量の例を説明する説明図である。補正前の画像1m-1は、図3に示す画像1m-1である。HOG特徴量11は、画像1m-1の左端に写っている人物10-2のHOG特徴量の1つである。人物10-2は、左に傾いており、傾き角が70度である。よって、ヒストグラムは、70度方向の成分が大きくなる。

[0059] HOG特徴量12は、画像1m-1の右端に写っている人物10-3のHOG特徴量の1つである。人物10-3は、右に傾いており、傾き角が110度である。よって、ヒストグラムは、110度方向の成分が大きくなる。人物10-2、10-3の姿勢は、通常でない。通常の場合、ヒストグラムは、90度方向の成分が大きくなる。従って、処理部42が、補正前の画像1m-1から抽出されたHOG特徴量を用いて、人物の識別をする場合、人物検出の精度が低下する。

[0060] 図13は、補正後の画像1m-1から抽出されたHOG特徴量の例を説明する説明図である。補正後の画像1m-1は、図4に示す画像1m-1である。HOG特徴量13は、画像1m-1の左端に写っている人物10-2のHOG特徴量の1つである。HOG特徴量14は、画像1m-1の右端に写っている人物10-3のHOG特徴量の1つである。人物10-2、10-3の歪み（傾き）が補正されているので、ヒストグラムは、90度方向の成分が大きくなる。実施形態によれば、処理部42は、補正後の画像1m-1

から抽出されたHOG特徴量を用いて、人物の識別をするので、人物検出の精度を向上させることができる。

[0061] 図1及び図3を参照して、画像 $Im-1$ の全体が倒立台形に歪むことにより、画像 $Im-1$ の左側の物体（人物10-2）が左に傾き、右側の物体（人物10-3）が右に傾いている。カメラ2の位置が高く、かつ、光軸21の角度が大きくなると、人物10-2の左への傾き、人物10-3の右への傾きがそれぞれ大きくなる。カメラ2の位置が低く、かつ、光軸21の角度が小さくなると、人物10-2の左への傾き、人物10-3の右への傾きがそれぞれ小さくなる。これは、画像 $Im$ の歪みの一例である。建設機械100に搭載されたカメラ2の位置、高さ及び光軸21の角度に応じて、画像 $Im$ の歪みが異なる。図14は、カメラ2によって撮影された画像 $Im$ のさらに他の例である画像 $Im-4$ を示す模式図である。画像 $Im-4$ の全体が、右に傾いている。従って、画像 $Im-4$ に写っている人物10-6、10-7が右に傾いている。このような場合、補正部41は、射影変換を用いて、画像 $Im-4$ の全体について、右の傾きをなくす補正する。図15は、補正後の画像 $Im-4$ を示す模式図である。補正後の画像 $Im-4$ は、四角形をしており、補正前の画像 $Im-4$ より面積が小さい。人物10-6、10-7の傾きが補正されている。

[0062] 射影変換行列 $PM$ の算出方法について説明する。図1、図3及び図4を参照して、カメラ2の画角 $2\phi$ が示す範囲（撮影範囲）の左端又は右端に写る物体の歪み量を求める。ここでは、カメラ2の画角 $2\phi$ が示す範囲の左端に写る人物10-2を例にする。歪み量は、カメラ2の傾斜角 $\theta$ 、カメラ2の高さ $h$ 、カメラ2のピクセル数（ $xwidth$ 、 $xheight$ ）、及び、カメラ2の画角 $2\phi$ に依存する。カメラ2の傾斜角 $\theta$ （光軸21の角度）は、建設機械100に取り付けられたカメラ2の光軸21と水平軸との角度である。カメラ2の高さ $h$ は、建設機械100に取り付けられたカメラ2の地面からの距離である。

[0063] カメラ2から距離 $z$ だけ離れて直立する人物10-2について、人物10-

2とカメラ2の投影面との距離 $z_1$ （投影距離）は、式（1）で示される。  
式（1）の $\omega$ は、カメラ2の投影面に対して、人物10-2とカメラ2の光軸21とで規定される角度であり、式（2）で示される。

[0064] [数1]

$$z_1 = \frac{z \cos \omega}{\cos(\omega - \theta)} \quad (1)$$

$$\omega = \theta + \arctan\left(\frac{h(y) - h}{z}\right) \quad (2)$$

[0065]  $h(y)$  は、人物10-2の高さ（身長）である。歪み量の算出において、人物10-2の足元の高さが0（ $h(y) = 0$ ）とされるので、歪み量は、人物10-2の高さに依存しない。

[0066] 投影距離 $z_1$ において、カメラ2の投影面の視野幅 $w$ は、式（3）で示される。これにより、カメラ2の画角 $2\phi$ が示す範囲の左端に写る人物10-2について、足元のピクセル座標 $X_{left\_bottom}$ は、式（4）で示される。

[0067] [数2]

$$w = 2z_1 \tan \phi \quad (3)$$

$$X_{left\_bottom} = \frac{X_{width}}{2} - \frac{X_{width}}{w} \times z \tan \phi \quad (4)$$

[0068] ピクセル座標 $X_{left\_bottom}$ は、直立する人物10-2の歪み量に相当する。これにより、式（5）を用いて、射影変換行列 $PM$ を求めることができる。

[0069] [数3]

$$u = \frac{a \times x + b \times y + c}{g \times x + h \times y + 1}, v = \frac{d \times x + e \times y + f}{g \times x + h \times y + 1} \quad (5)$$

[0070]  $x$ 、 $y$ は、射影変換前の $X$ 、 $Y$ 座標である。 $u$ 、 $v$ は、射影変換後の $X$ 、

Y座標である。a、b、c、d、e、f、g、hは、射影変換行列PMを構成する射影変換係数である。射影変換係数は、下記表に示す射影変換前後の対応点座標4点について、連立方程式を解くことにより、算出される。

[0071] [表1]

変換前	変換後
(1, 480)	(1, 480)
(720, 480)	(720, 480)
(1, 1)	( $x_{\text{left\_bottom}}$ , 1)
(720, 1)	( $x_{\text{width}} - x_{\text{left\_bottom}}$ , 1)

[0072] 実施形態では、人物検出を例にして説明したが、本発明は、人物以外に、土木建設の工事現場に存在する物体（例えば、他の建設機械、安全柵）の検出にも適用することができる。

[0073] (実施形態の纏め)

実施形態の一態様に係る建設機械用の物体検出装置は、検出対象となる物体を撮影し、建設機械に搭載されたカメラによって撮影された画像に対して、射影変換を用いて前記画像の歪みを補正する補正部と、前記カメラと前記物体との距離に応じて設けられ、面積がそれぞれ異なる複数の領域を、補正後の前記画像に設定し、前記画像のうち、複数の前記領域のそれぞれと対応する部分に対して前記物体を検出する画像処理をする処理部と、を備える。

[0074] 検出対象が人物を例にして説明する。建設機械は比較的大きいので、カメラが搭載される箇所は、通常、人物の高さより上にある。建設機械の近くは危険なので、建設機械の近くにいる人物を検出できるように、カメラの光軸は、斜め下向きに設定される。これらの理由により、カメラが撮影した画像は、比較的大きな歪みを有する（例えば、画像が比較的大きく傾いている）。この状態で、人物検出がされると、人物検出の精度が低下する。そこで、補正部は、射影変換を用いて画像の歪みを補正する。これにより、人物検出（物体検出）の精度を向上させることができる。

[0075] 処理部は、画像の全体に対して、人物検出の画像処理をするのではなく、

画像に領域を設定し、画像のうち、領域と対応する部分（領域と重なる部分）に対して、人物検出の画像処理をする。

[0076] カメラと人物との距離に応じて、領域の面積が変えられている。理由は、以下の通りである。カメラと人物との距離が長くなるに従って、画像において、人物が写る可能性がある部分の面積が小さくなる。例えば、屋外を歩いている人物の検出では、カメラと人物との距離が長くなるに従って、地面が写る部分の面積及び空が写る部分の面積が大きくなり、人物が写る可能性がある部分の面積が小さくなる。そこで、処理部は、カメラと人物との距離に応じて用意された複数の領域を、カメラと人物との距離に応じて使い分ける。これにより、人物検出（物体検出）の画像処理の量を減らすことができるので、人物検出（物体検出）の速度を向上させることができる。

[0077] 上記構成において、前記補正部は、前記画像に対して、前記画像の垂直方向の下側から上側に向かうに従って、前記画像の水平方向の長さを小さくする前記射影変換をして、前記画像の形状を台形にすることにより、前記画像の歪みを補正する。

[0078] この構成は、カメラによって撮影された画像が逆台形（倒立台形）に歪んでいる場合に適用される。逆台形に歪む画像は、画像の左側に写る物体は左に傾き、画像の右側に写る物体は右に傾き、通常の物体の姿と異なるので、物体検出の精度が低下する原因となる。

[0079] そこで、補正部は、画像に対して、画像の垂直方向の下側から上側に向かうに従って、画像の水平方向の長さを小さくする射影変換をすることにより、画像の形状を台形に補正する。これにより、上記歪みが解消されるので、画像の左側に写る物体が左に傾くこと、及び、画像の右側に写る人物が右に傾くことを防ぐことができる。

[0080] 上記構成において、複数の前記領域の形状は、四角形であり、前記処理部は、複数の前記領域のうち、予め定められた値より大きい前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像の水平方向において、前記領域の両端を補正後の前記画像に収めて設定し、複数の前記領域のうち、前

記値以下の前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像の水平方向において、前記領域の両端を補正後の前記画像の両端からはみだして設定する。

[0081] 領域は四角形であり、補正後の画像は台形である。このため、補正後の画像に領域が設定されたとき、補正後の画像の水平方向において、領域の両端と補正後の画像の両端とを一致させることができない。

[0082] 補正後の画像の水平方向において、領域の両端が補正後の画像の両端からはみだしているとき、処理部が、領域のうち、はみだした個所に対して、物体検出の画像処理をすることは無駄である。

[0083] これに対して、補正後の画像の水平方向において、領域の両端が補正後の画像に収められているとき（領域の両端が補正後の画像の両端からはみだしていない）、上記無駄をなくすることができる。これにより、画像処理の量を減らすことができる。しかし、補正後の画像の両端には、物体検出の画像処理がされない部分が発生する。これにより、物体検出の精度が低下する。

[0084] 建設機械の近くは危険である。そこで、この構成は、カメラと物体との距離が短い場合（予め定められた値以下の距離での物体検出の場合）、物体検出の精度を優先させ、その距離が長い場合（予め定められた値より大きい距離での物体検出の場合）、無駄な画像処理をなくすことを優先させる。

[0085] 上記構成において、前記処理部は、複数の前記領域のうち、予め定められた値より大きい前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像に収めて設定し、複数の前記領域のうち、前記値以下の前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像からはみだして設定する。

[0086] 領域の形状と補正後の画像の形状との関係で、領域の両端と補正後の画像の両端とを一致させることができない例は、領域の形状が四角形であり、補正後の画像の形状が台形である場合に限らない。例えば、領域の形状が長方形であり、補正後の画像の形状が平行四辺形である場合にも生じる。

[0087] この構成は、カメラと物体との距離が短い場合（予め定められた値以下の

距離での物体検出の場合)、物体検出の精度を優先させ、その距離が長い場合(予め定められた値より大きい距離での物体検出の場合)、無駄な画像処理をなくすことを優先させる。

[0088] 上記構成において、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに応じて算出された、前記射影変換に用いる射影変換行列について、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の前記射影変換行列と、を紐づけて予め記憶する第1記憶部をさらに備え、前記補正部は、前記建設機械に搭載された前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに紐づけられた前記射影変換行列を選択し、前記補正を実行する。

[0089] 建設機械には様々な機種があり、機種に応じて建設機械の形状、大きさが異なる。このため、建設機械の機種に応じて、カメラの位置の高さと光軸の角度との組み合わせが異なる。この組み合わせに応じて、射影変換行列が算出されれば、物体検出の精度が向上する。この構成によれば、カメラの位置の高さと光軸の角度との組み合わせに応じて算出された射影変換行列について、カメラの位置の高さと光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の射影変換行列とを紐づけて記憶しているので、様々な機種の建設機械に適用することができる。

[0090] 上記構成において、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに応じて定められた、複数の前記領域が前記画像に設定される条件を示す領域情報について、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の前記領域情報と、を紐づけて予め記憶する第2記憶部をさらに備え、前記処理部は、前記建設機械に搭載された前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに紐づけられた前記領域情報を選択し、前記画像処理を実行する。

[0091] 上述したように、建設機械の機種に応じて、カメラの位置の高さと光軸の角度との組み合わせが異なる。組み合わせに応じて、複数の領域の条件(領域の数、領域の設定位置、領域の面積等)が異なるので、組み合わせに応じ

て、複数の領域の条件を示す領域情報が定められていれば、物体検出の精度が向上する。この構成によれば、カメラの位置の高さと光軸の角度との組み合わせに応じて定められた領域情報について、カメラの位置の高さと光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の領域情報とを紐づけて記憶しているので、様々な機種 of 建設機械に適用することができる。

[0092] 上記構成において、前記処理部は、複数の前記領域のそれぞれを用いた物体検出の時間間隔について、前記距離が長いと、前記時間間隔を長くし、前記距離が短いと、前記時間間隔を短くする。

[0093] 物体検出の時間間隔（サンプリング周期）が長いと、物体検出のための画像処理の量を減らすことができるが、物体検出の精度が低下する。これに対して、物体検出の時間間隔が短いと、物体検出のための画像処理の量が増えるが、物体検出の精度が向上する。

[0094] 建設機械の近くは危険である。そこで、この構成は、カメラと物体との距離が短い場合、物体検出の精度を優先させ、その距離が長い場合、物体検出の画像処理の量を減らすことを優先させる。

[0095] 上記構成において、直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のそれぞれの人物を検出するための機械学習がされた学習モデルを予め記憶する第3記憶部をさらに備え、前記処理部は、前記学習モデルを用いて（前記画像処理として、前記学習モデルを用いた前記機械学習の予測・認識フェーズの実行）、補正後の前記画像に写された前記物体である人物を検出する。

[0096] この構成は、検出対象となる物体が人物であり、機械学習によって補正後の画像に写された人物を検出する（例えば、HOG特徴量を用いた人物検出）。建設現場において、人物は、主に、直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のいずれかである。例えば、直立状態の人物を検出するための学習モデルのみでは、中腰状態、しゃがんだ状態の人物の検出精度が低下する。この構成は、直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のそれぞれの人物を検出するための学習モデルを備えることにより、人物検出の精度を向上させる。

[0097] 上記構成において、前記第3記憶部は、前記カメラの位置の高さと前記カ

メラの光軸の角度との組み合わせに応じて構築された前記学習モデルについて、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の前記学習モデルと、を紐づけて予め記憶しており、前記処理部は、前記建設機械に搭載された前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに紐づけられた前記学習モデルを選択し、前記機械学習を実行する。

[0098] 上述したように、建設機械の機種に応じて、カメラの位置の高さと光軸の角度との組み合わせが異なる。この組み合わせに応じて、学習モデルが構築されれば、人物検出の精度が向上する。この構成によれば、カメラの位置の高さと光軸の角度との組み合わせに応じて構築された学習モデルについて、カメラの位置の高さと光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の学習モデルとを紐づけて記憶しているので、様々な機種の建設機械に適用することができる。

[0099] 実施形態の他の態様に係る建設機械用の物体検出方法は、検出対象となる物体を撮影し、建設機械に搭載されたカメラによって撮影された画像に対して、射影変換を用いて前記画像の歪みを補正する補正ステップと、前記カメラと前記物体との距離に応じて設けられ、面積がそれぞれ異なる複数の領域を、補正後の前記画像に設定し、前記画像のうち、複数の前記領域のそれぞれと対応する部分に対して前記物体を検出する画像処理をする処理ステップと、を備える。

[0100] 実施形態の他の態様に係る物体検出方法は、実施形態の一態様に係る物体検出装置を方法の観点から規定しており、実施形態の一態様に係る物体検出装置と同様の作用効果を有する。

## 請求の範囲

- [請求項1] 検出対象となる物体を撮影し、建設機械に搭載されたカメラによって撮影された画像に対して、射影変換を用いて前記画像の歪みを補正する補正部と、
- 前記カメラと前記物体との距離に応じて設けられ、面積がそれぞれ異なる複数の領域を、補正後の前記画像に設定し、前記画像のうち、複数の前記領域のそれぞれと対応する部分に対して前記物体を検出する画像処理をする処理部と、を備える建設機械用の物体検出装置。
- [請求項2] 前記補正部は、前記画像に対して、前記画像の垂直方向の下側から上側に向かうに従って、前記画像の水平方向の長さを小さくする前記射影変換をして、前記画像の形状を台形にすることにより、前記画像の歪みを補正する、請求項1に記載の建設機械用の物体検出装置。
- [請求項3] 複数の前記領域の形状は、四角形であり、
- 前記処理部は、複数の前記領域のうち、予め定められた値より大きい前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像の水平方向において、前記領域の両端を補正後の前記画像に収めて設定し、複数の前記領域のうち、前記値以下の前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像の水平方向において、前記領域の両端を補正後の前記画像の両端からはみだして設定する、請求項2に記載の建設機械用の物体検出装置。
- [請求項4] 前記処理部は、複数の前記領域のうち、予め定められた値より大きい前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像に収めて設定し、複数の前記領域のうち、前記値以下の前記距離での物体検出に用いられる前記領域を、補正後の前記画像からはみだして設定する、請求項1に記載の建設機械用の物体検出装置。
- [請求項5] 前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに応じて算出された、前記射影変換に用いる射影変換行列について、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との複数の組み合

わせと、複数の前記射影変換行列と、を紐づけて予め記憶する第1記憶部をさらに備え、

前記補正部は、前記建設機械に搭載された前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに紐づけられた前記射影変換行列を選択し、前記補正を実行する、請求項1に記載の建設機械用の物体検出装置。

[請求項6] 前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに応じて定められた、複数の前記領域が前記画像に設定される条件を示す領域情報について、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との複数の組み合わせと、複数の前記領域情報と、を紐づけて予め記憶する第2記憶部をさらに備え、

前記処理部は、前記建設機械に搭載された前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに紐づけられた前記領域情報を選択し、前記画像処理を実行する、請求項1に記載の建設機械用の物体検出装置。

[請求項7] 前記処理部は、複数の前記領域のそれぞれを用いた物体検出の時間間隔について、前記距離が長いと、前記時間間隔を長くし、前記距離が短いと、前記時間間隔を短くする、請求項1に記載の建設機械用の物体検出装置。

[請求項8] 直立状態、中腰状態、しゃがんだ状態のそれぞれの人物を検出するための機械学習がされた学習モデルを予め記憶する第3記憶部をさらに備え、

前記処理部は、前記学習モデルを用いて、補正後の前記画像に写された前記物体である人物を検出する、請求項1に記載の建設機械用の物体検出装置。

[請求項9] 前記第3記憶部は、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに応じて構築された前記学習モデルについて、前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との複数の組み合わせ

せと、複数の前記学習モデルと、を紐づけて予め記憶しており、

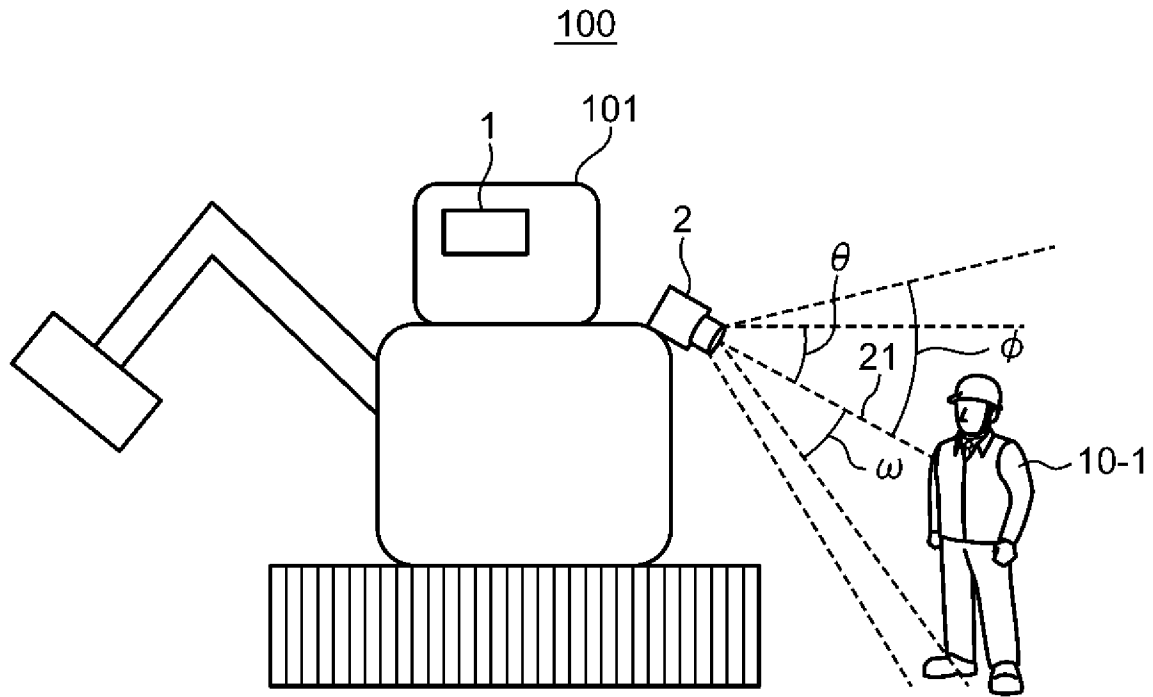
前記処理部は、前記建設機械に搭載された前記カメラの位置の高さと前記カメラの光軸の角度との組み合わせに紐づけられた前記学習モデルを選択し、前記機械学習を実行する、請求項 8 に記載の建設機械用の物体検出装置。

[請求項10] 前記機械学習は、HOG特徴量を用いて、前記人物を検出する、請求項 8 又は 9 に記載の建設機械用の物体検出装置。

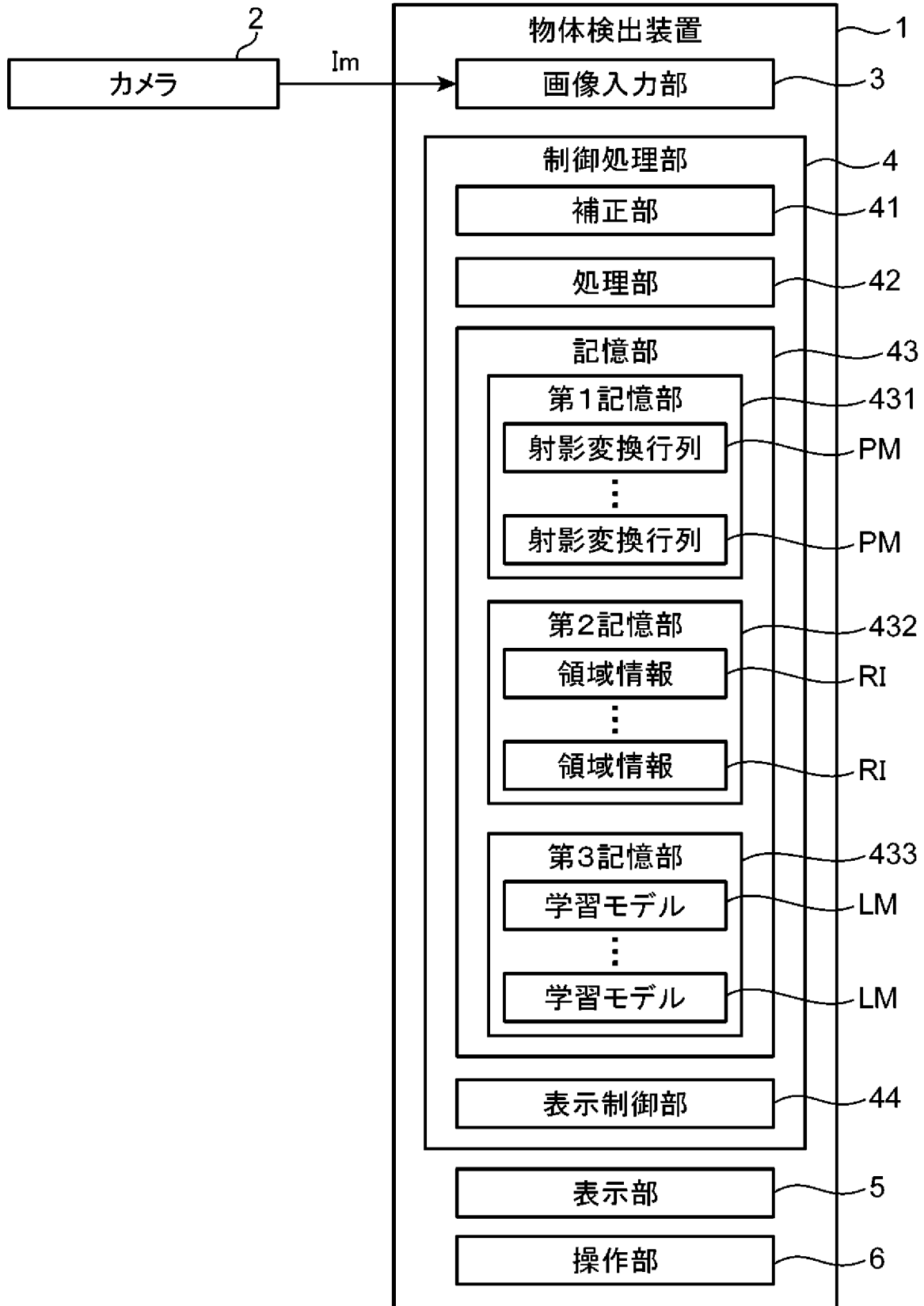
[請求項11] 検出対象となる物体を撮影し、建設機械に搭載されたカメラによって撮影された画像に対して、射影変換を用いて前記画像の歪みを補正する補正ステップと、

前記カメラと前記物体との距離に応じて設けられ、面積がそれぞれ異なる複数の領域を、補正後の前記画像に設定し、前記画像のうち、複数の前記領域のそれぞれと対応する部分に対して前記物体を検出する画像処理をする処理ステップと、を備える建設機械用の物体検出方法。

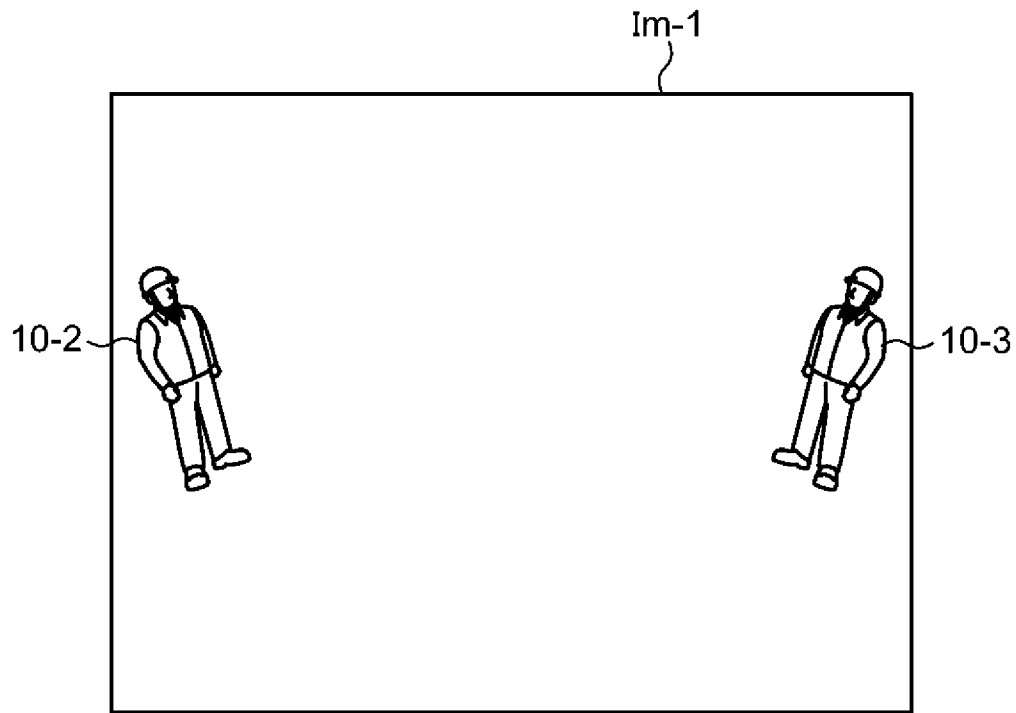
[図1]



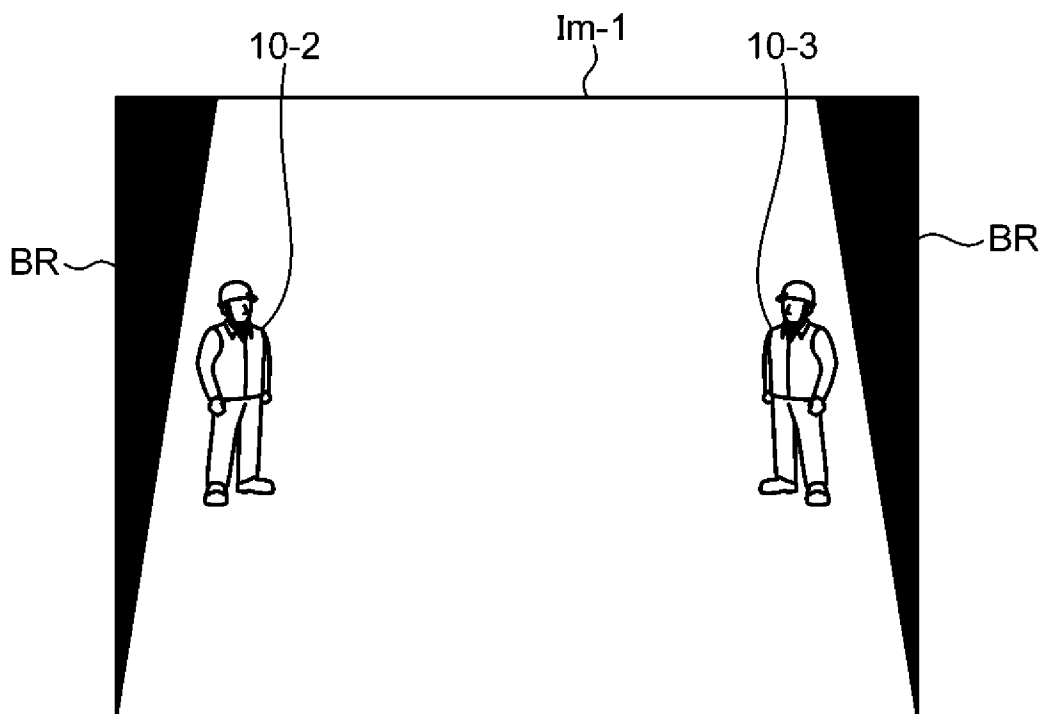
[図2]



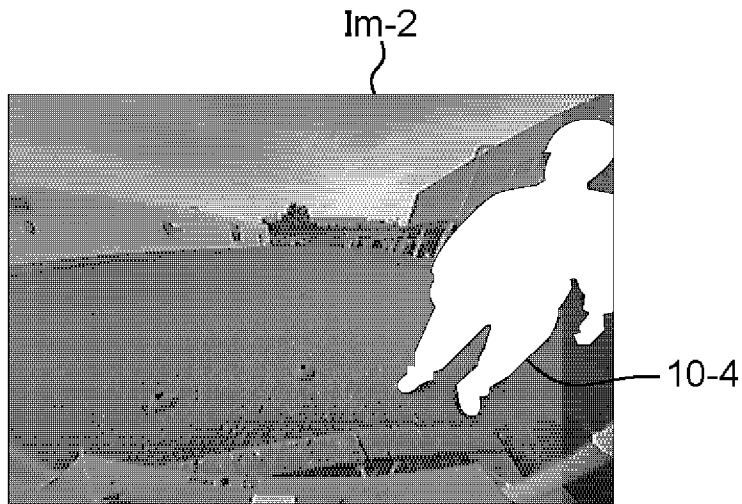
[図3]



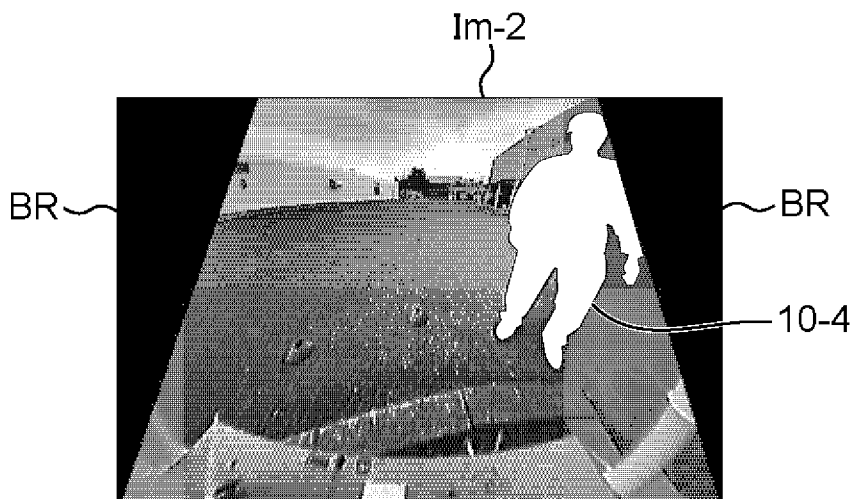
[図4]



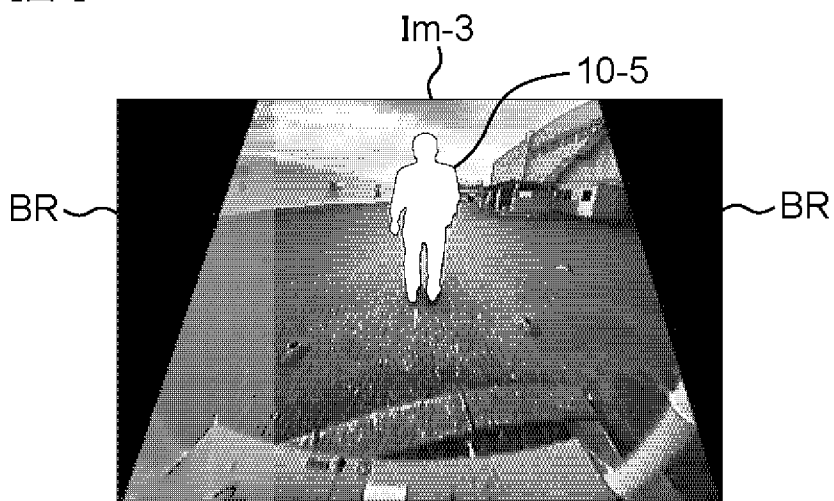
[図5]



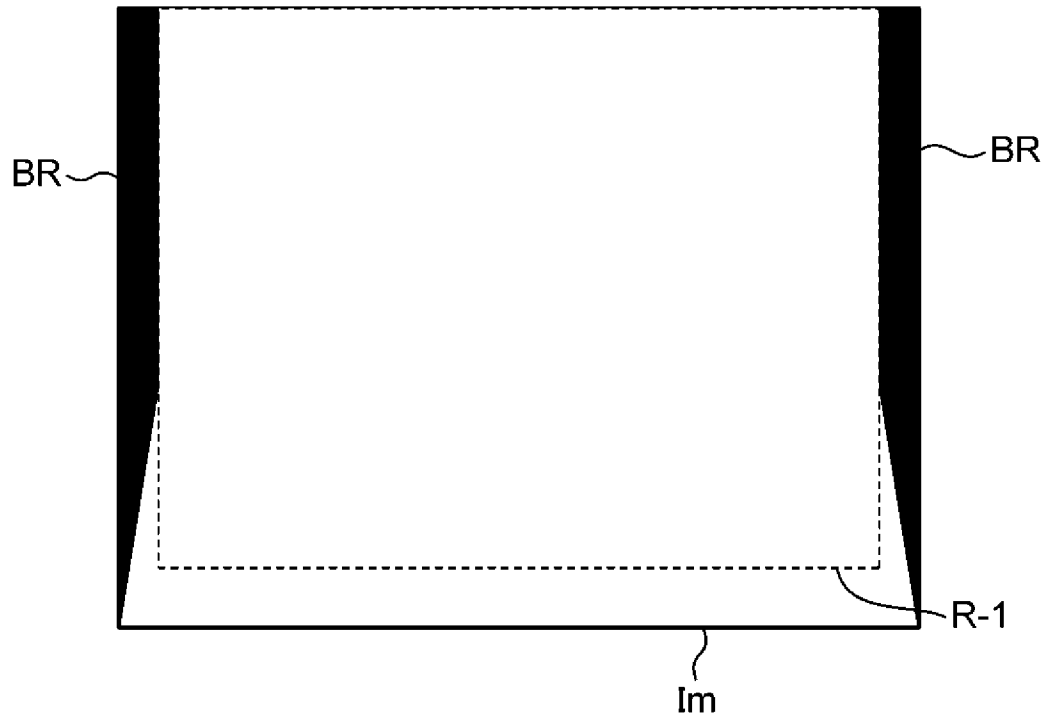
[図6]



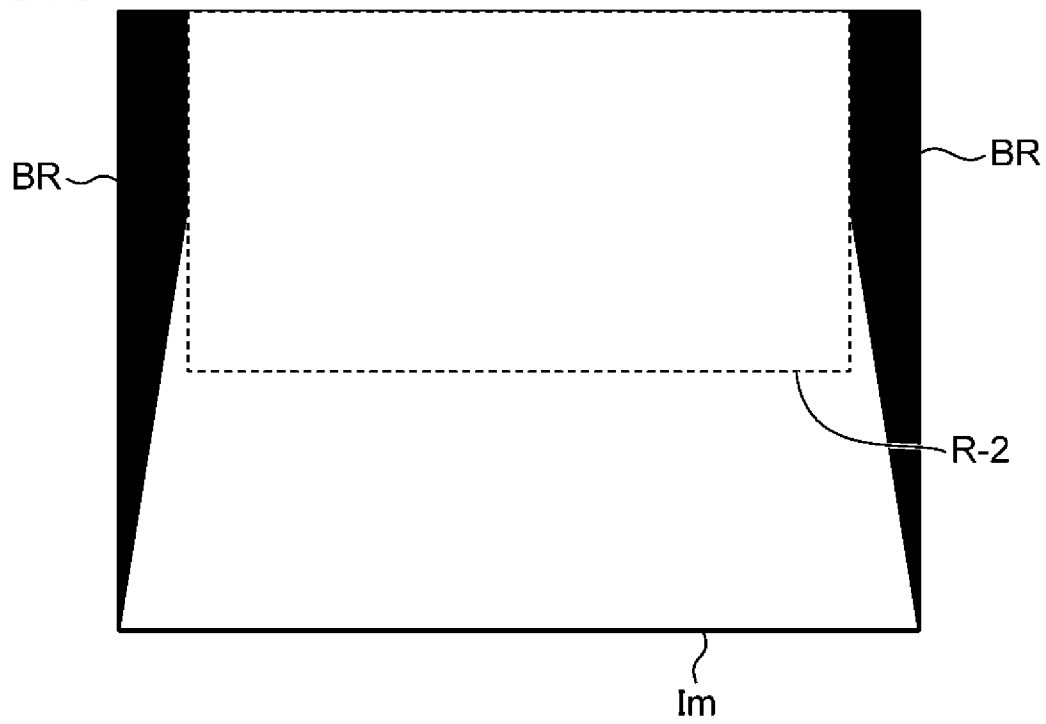
[図7]



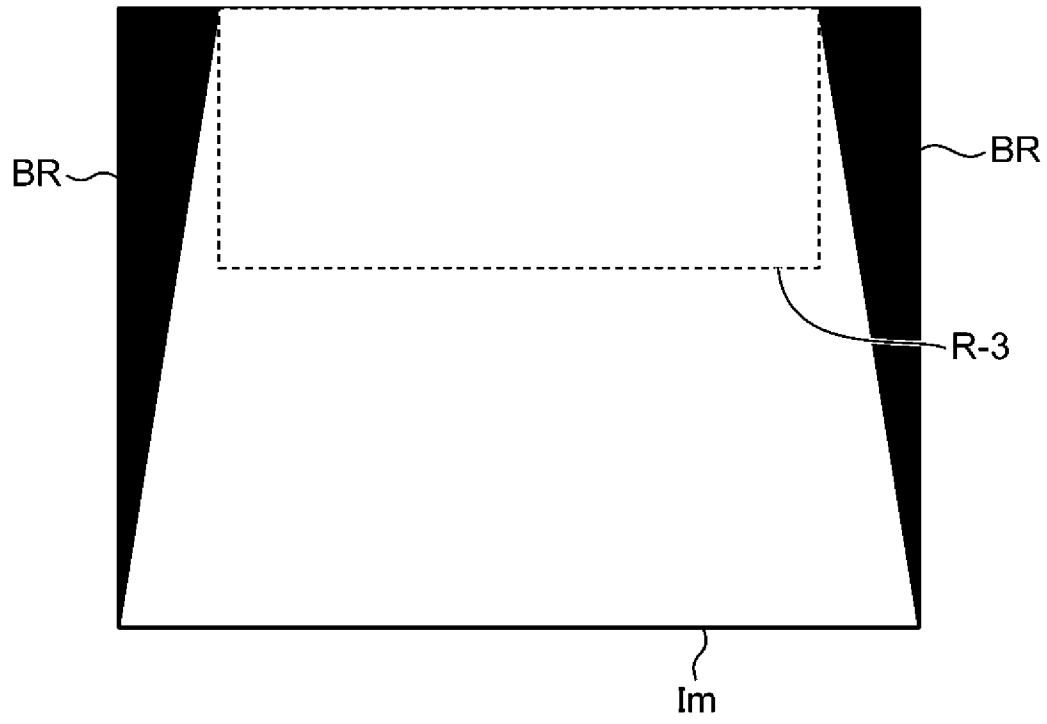
[図8]



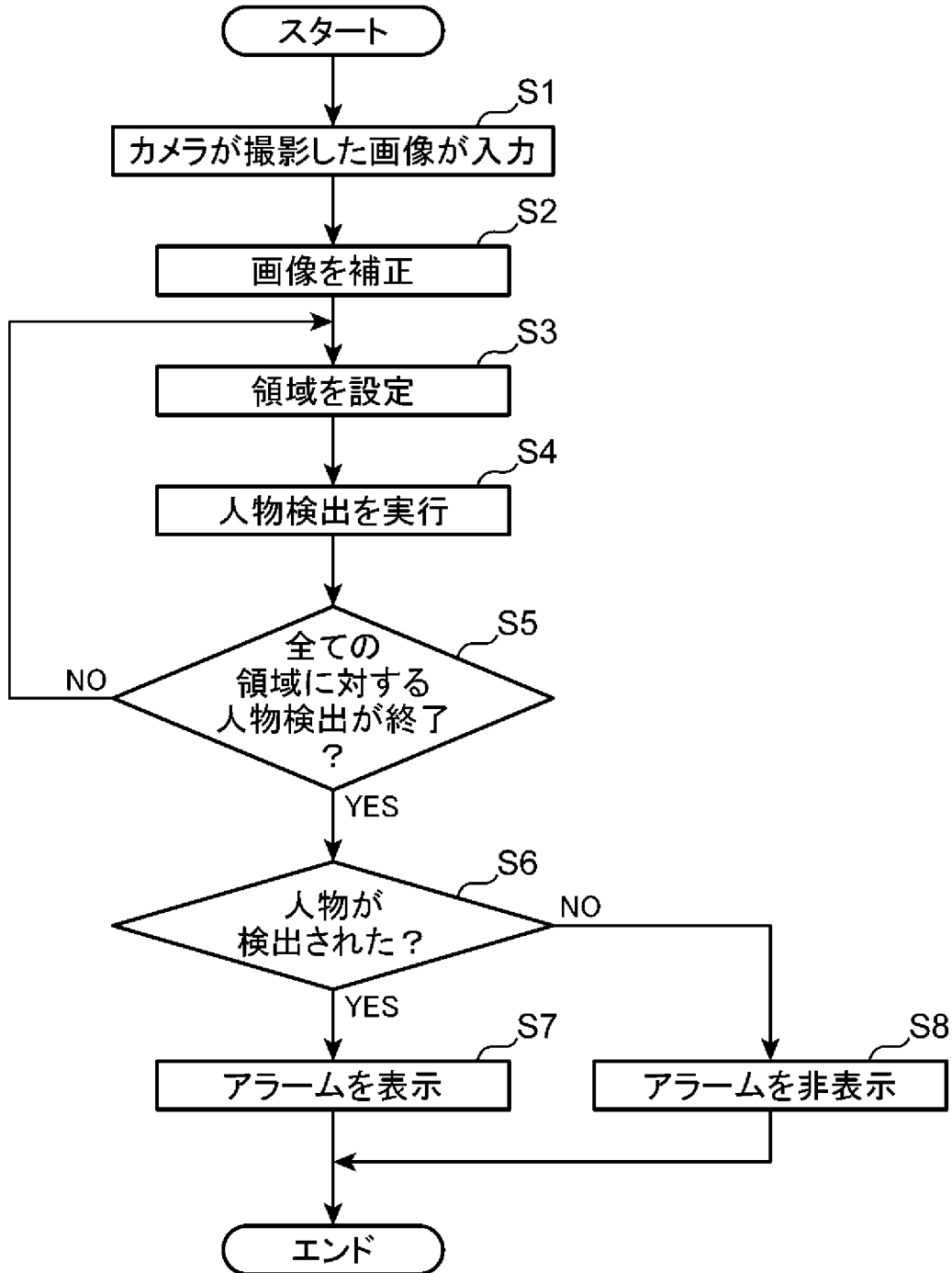
[図9]



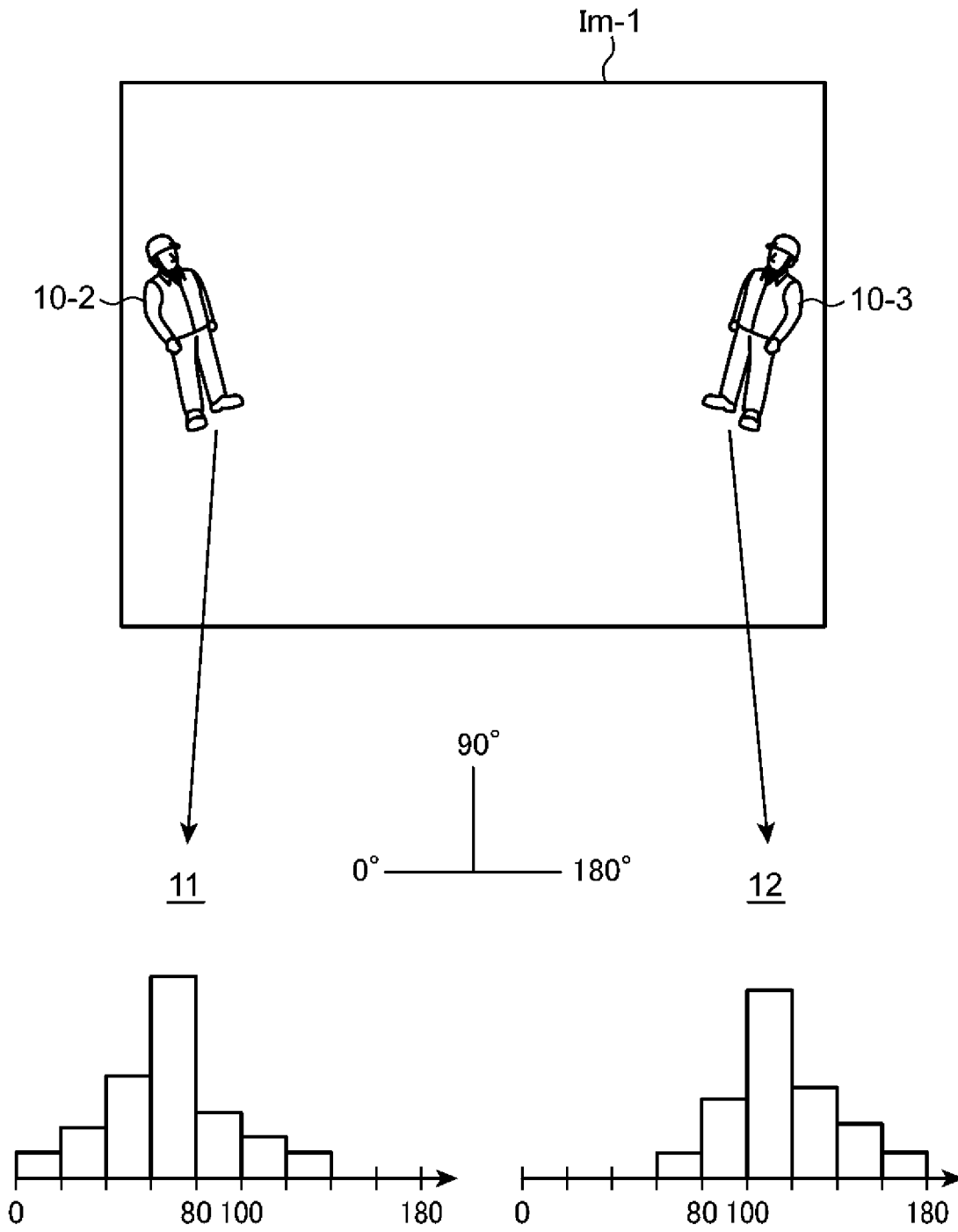
[図10]



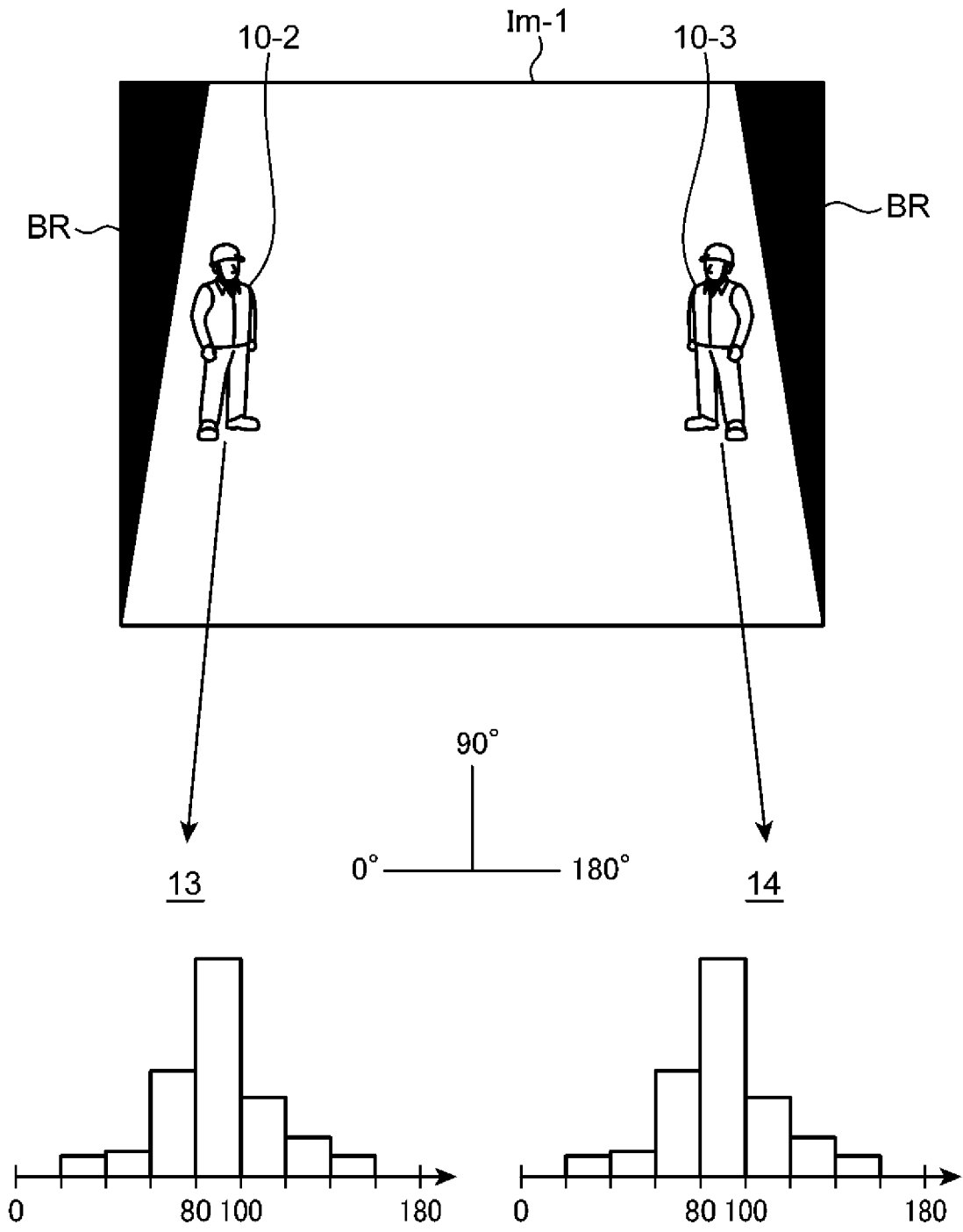
[図11]



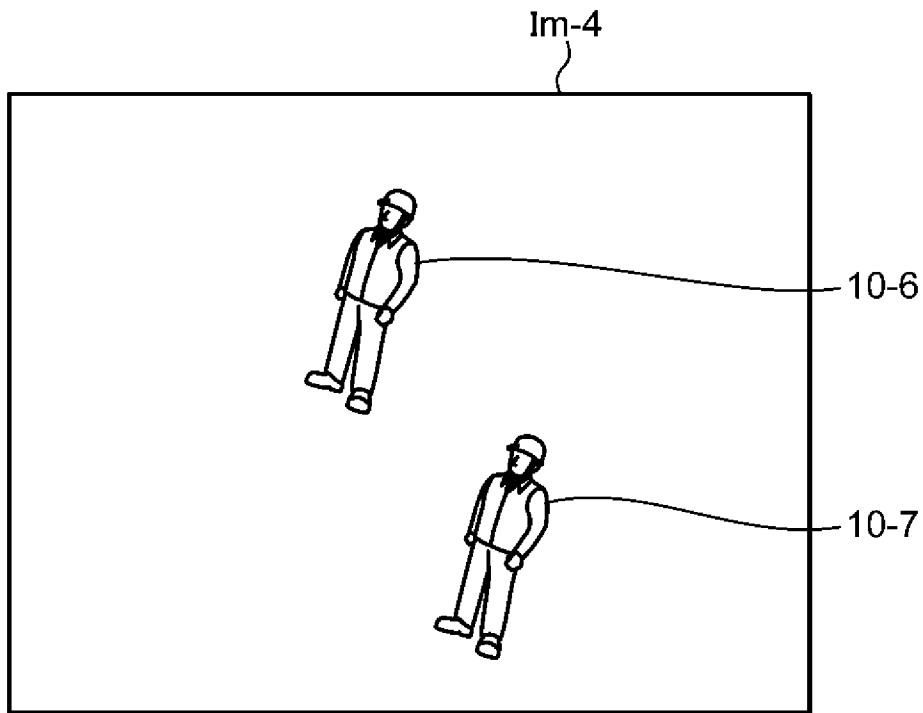
[図12]



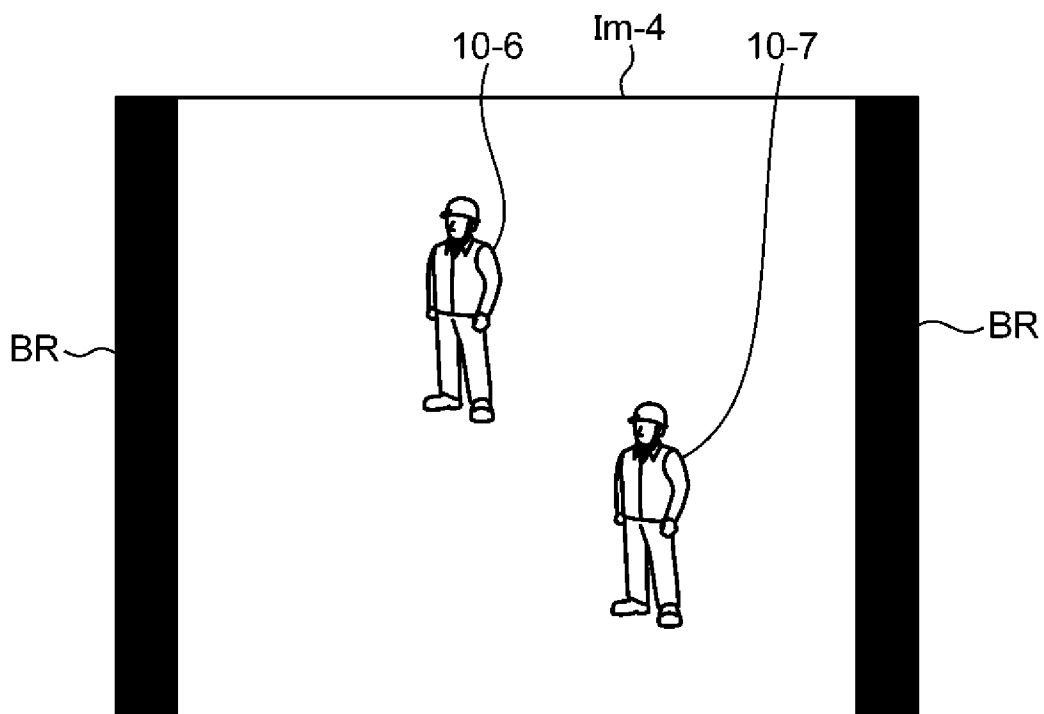
[図13]



[図14]



[図15]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/026924

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 Int.Cl. G06T7/00 (2017.01) 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)  
 Int.Cl. G06T7/00

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
Y  A	JP 9-326096 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 16 December 1997, claims 1-2 (Family: none)	1-2, 5, 7-8, 10-11 3-4, 6-9

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

* Special categories of cited documents:	“I” 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 September 2019 (03.09.2019)	Date of mailing of the international search report 10 September 2019 (10.09.2019)
---	--

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/JP2019/026924

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-223410 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 04 November 2011, paragraphs [0014], [0020], [0024]-[0025], [0034]-[0035] & US 2013/0033495 A1, paragraphs [0041], [0047], [0051]-[0052], [0061]-[0062] & EP 2560385 A1 & EP 3410703 A1 & CN 102792686 A & KR 10-2013-0018869 A	1-2, 5, 7-8, 10-11 3-4, 6, 9
Y	JP 2005-222307 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 18 August 2005, paragraph [0059] (Family: none)	5
Y	JP 2012-212426 A (CANON INC.) 01 November 2012, paragraph [0065] & US 2012/0237089 A1, paragraph [0086]	7
Y A	JP 2014-146238 A (PANASONIC CORP.) 14 August 2014, paragraphs [0017], [0054] & US 2014/0211994 A1, paragraphs [0024], [0065]	8 9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06T7/00(2017.01)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. G06T7/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
Y	JP 9-326096 A（日産自動車株式会社） 1997.12.16, [請求項1] - [請求項2] (ファミリーなし)	1-2, 5, 7-8, 10-11
A		3-4, 6, 9

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

03.09.2019

国際調査報告の発送日

10.09.2019

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）

新井 則和

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

5H

8937

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
Y	JP 2011-223410 A (住友重機械工業株式会社) 2011.11.04, 段落 [0014], 段落 [0020], 段落 [0024] - [0025], 段落 [0034] - [0035]	1-2, 5, 7-8, 10-11
A	& US 2013/0033495 A1, par. [0041], par. [0047], pars. [0051]-[0052], pars. [0061]-[0062] & EP 2560385 A1 & EP 3410703 A1 & CN 102792686 A & KR 10-2013-0018869 A	3-4, 6, 9
Y	JP 2005-222307 A (住友電気工業株式会社) 2005.08.18, 段落 [0059] (ファミリーなし)	5
Y	JP 2012-212426 A (キヤノン株式会社) 2012.11.01, 段落 [0065] & US 2012/0237089 A1, par. [0086]	7
Y	JP 2014-146238 A (パナソニック株式会社) 2014.08.14, 段落 [0017], 段落 [0054]	8
A	& US 2014/0211994 A1, par. [0024], par. [0065]	9