

(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
2022年12月8日(08.12.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/254637 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/021086

(22) 国際出願日: 2021年6月2日(02.06.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 紺谷 精一(KONYA Seiichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鈴木 健

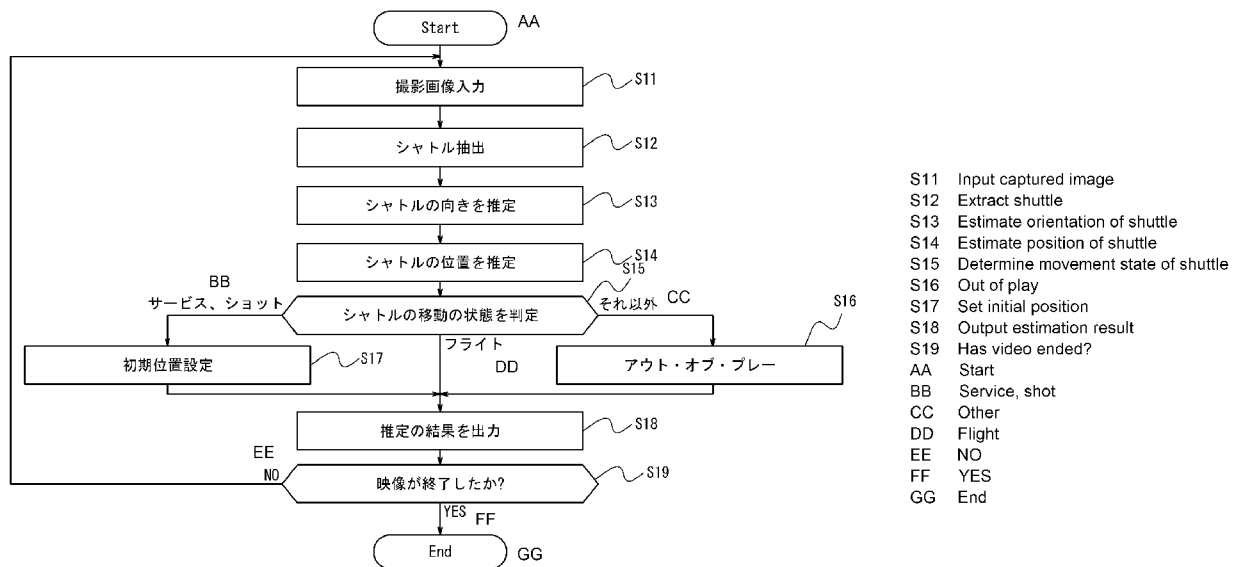
也(SUZUKI Kenya); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮武 隆(MIYATAKE Takashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中村 泰治(NAKAMURA Taiji); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 長谷川 馨亮(HASEGAWA Keisuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).

(54) Title: POSITION ESTIMATION METHOD, POSITION ESTIMATION DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 位置推定方法、位置推定装置およびプログラム

[図3]



(57) Abstract: The position estimation method pertaining to the present disclosure includes: a step for extracting an image of a moving body from a captured image in which a prescribed imaging region including the moving body is imaged from a first direction; a step for estimating the orientation of the moving body by matching of the extracted image of the moving body and a plurality of images in which the moving body is viewed from the first direction, and in which the inclination of a second direction orthogonal to the first direction, and a third direction orthogonal to the first direction and the second direction is different; and a step for estimating the position of the moving body in the second direction and the third direction from the captured image, and estimating the position of the moving body in the first direction on the basis of the

[続葉有]

(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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

estimated position in the second direction and third direction and a change in the estimated orientation of the moving body.

(57) 要約: 本開示に係る位置推定方法は、移動体を含む所定の撮影範囲を第1の方向から撮影した撮影画像から、移動体の画像を抽出するステップと、第1の方向と直交する第2の方向、および、第1の方向および前記第2の方向と直交する第3の方向の傾きが異なる移動体を、第1の方向から見た複数の画像と、抽出された移動体の画像とのマッチングにより移動体の向きを推定するステップと、撮影画像から第2の方向および第3の方向の移動体の位置を推定し、推定した第2の方向および第3の方向の位置と、推定した移動体の向きの変化とに基づき、第1の方向の移動体の位置を推定するステップと、を含む。

明 細 書

発明の名称：位置推定方法、位置推定装置およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、位置推定方法、位置推定装置およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 非特許文献 1 には、アングルの異なる 2 台の撮影装置により撮影した撮影画像から、撮影画像内の対象物の三次元的な位置を推定する位置推定方法が記載されている。図 8 は、非特許文献 1 に記載の位置推定方法について説明するための図である。

[0003] 図 8 に示すように、非特許文献 1 に記載の位置推定方法においては、アングルの異なる 2 台の撮影装置により対象物 1 が撮影される。具体的には、図 8 に示すように、対象物 1 が Z 方向と、Z 方向と直交する X 方向とから撮影される。そして、Z 方向から撮影した撮影画像 P 1 から、対象物 1 の X 方向の位置 x_1 と、X 方向および Z 方向と直交する Y 方向の位置 y_1 とが推定される。また、X 方向から撮影した撮影画像 P 2 から、対象物 1 の Y 方向の位置 y_2 と、Z 方向の位置 z_2 とが推定される。そして、撮影画像 P 1 から推定した二次元的な位置 (x_1, y_1) と撮影画像 P 2 から推定した二次元的な位置 (y_2, z_2) とを合成することで、対象物 1 の三次元的な位置が推定される。このような処理を繰り返すことで、例えば、バドミントン競技中のシャトルのような移動体についても三次元的な位置を推定することができる。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献 1：Jan Erik Solem、「実践 コンピュータビジョン」、株式会社オーム社、2013 年 3 月 21 日

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献 1 に記載の位置推定方法では、少なくとも 2 台の撮影装置が必要になり、また、複数の撮影装置を異なるアングルで撮影可能なように設置することが困難な場合がある。また、非特許文献 1 に記載の位置推定方法では、複数の撮影装置を用いるため、複数の撮影装置間で性能差が大きいとキャリブレーションが困難な場合がある。このように、非特許文献 1 に記載の位置推定方法には、対象物の位置の推定に手間がかかるという問題がある。

[0006] 上記のような問題点に鑑みてなされた本開示の目的は、移動体の三次元的な位置をより簡易に推定することができる位置推定方法、位置推定装置およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するため、本開示に係る位置推定方法は、所定の方角から見た形状が向きに応じて異なる移動体の位置を推定する推定方法であって、前記移動体を含む所定の撮影範囲を第 1 の方角から撮影した撮影画像から、前記移動体の画像を抽出するステップと、前記第 1 の方角と直交する第 2 の方角、および、前記第 1 の方角および前記第 2 の方角と直交する第 3 の方角の傾きが異なる前記移動体を、前記第 1 の方角から見た複数の画像と、前記抽出された移動体の画像とのマッチングにより前記移動体の向きを推定するステップと、前記撮影画像から前記第 2 の方角および前記第 3 の方角の前記移動体の位置を推定し、前記推定した第 2 の方角および第 3 の方角の位置と、前記推定した移動体の向きの変化とに基づき、前記第 1 の方角の前記移動体の位置を推定するステップと、を含む。

[0008] 上記課題を解決するため、本開示に係る位置推定装置は、所定の方角から見た形状が向きに応じて異なる移動体の位置を推定する位置推定装置であって、前記移動体を含む所定の撮影範囲を第 1 の方角から撮影した撮影画像から、前記移動体の画像を抽出する抽出部と、前記第 1 の方角と直交する第 2 の方角、および、前記第 1 の方角および前記第 2 の方角と直交する第 3 の方角の傾きが異なる前記移動体を、前記第 1 の方角から見た複数の画像と、前記抽出された移動体の画像とのマッチングにより前記移動体の向きを推定す

る方向推定部と、前記撮影画像から前記第2の方向および前記第3の方向の前記移動体の位置を推定し、前記推定した第2の方向および第3の方向の位置と、前記方向推定部により推定された前記移動体の向きの変化とに基づき、前記第1の方向の前記移動体の位置を推定する位置推定部と、を備える。

[0009] また、上記課題を解決するため、本開示に係るプログラムは、コンピュータを、上述した位置推定装置として機能させる。

発明の効果

[0010] 本開示に係る位置推定方法、位置推定装置およびプログラムによれば、移動体の三次元的な位置をより簡易に推定することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本開示の一実施形態に係る位置推定装置の構成例を示す図である。

[図2]図1に示す入力部に入力される撮影画像を説明するための図である。

[図3]図1に示す位置推定装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図4]図1に示す抽出部の動作を説明するための図である。

[図5]図1に示す方向推定部が保持するテンプレート画像を説明するための図である。

[図6]図1に示す設定部の動作を説明するための図である。

[図7]図1に示す位置推定装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図8]従来の位置推定方法を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の実施の形態について図面を参照して説明する。

[0013] 図1は、本開示の一実施形態に係る位置推定装置10の構成例を示す図である。本実施形態に係る位置推定装置10は、1台の撮影装置により対象物1を撮影した撮影画像から、対象物1の三次元的な位置を推定する。以下では、対象物1は、バドミントン競技におけるシャトル1aのような移動体である例を用いて説明する。また、以下では、図2に示すように、バドミントンコートの左右方向をX方向（第2の方向）とし、垂直方向をY方向（第3の方向）とし、奥行方向をZ方向（第3の方向）とする。X方向、Y方向お

よびZ方向は互いに直交する。

[0014] 図1に示すように、本実施形態に係る位置推定装置10は、入力部11と、抽出部12と、方向推定部13と、位置推定部14と、状態判定部15と、設定部16と、出力部17とを備える。

[0015] 入力部11は、図2に示すように、所定の撮影範囲を撮影する撮影装置により、バドミントンコートでZ方向から撮影し、移動体であるシャトル1aを含む撮影画像が入力される。入力部11は、入力された撮影画像を抽出部12に出力する。

[0016] 抽出部12は、入力部11から出力された撮影画像、すなわち、シャトル1aを含む所定の撮影範囲をZ方向から撮影した撮影画像から、シャトル1aの画像を抽出し、方向推定部13に出力する。抽出部12による撮影画像からのシャトル1aの画像の抽出の詳細は後述する。

[0017] 方向推定部13は、抽出部12により抽出されたシャトル1aの画像を用いて、シャトル1aの向きを推定し、推定結果を位置推定部14に出力する。方向推定部13によるシャトル1aの向きの推定の詳細は後述する。

[0018] 位置推定部14は、撮影画像からX方向およびY方向のシャトル1aの位置を推定する。そして、位置推定部14は、推定したX方向およびY方向のシャトル1aの位置と、方向推定部13により推定されたシャトル1aの向きの変化とに基づき、シャトル1aのZ方向の位置を推定する。位置推定部14は、撮影画像からX方向およびY方向のシャトル1aの位置を推定し、その推定結果とシャトル1aの向きの変化とからZ方向のシャトル1aの位置を推定することで、シャトル1aの三次元的な位置を推定することができる。位置推定部14は、推定結果を状態判定部15と、設定部16と、出力部17とに出力する。

[0019] 状態判定部15は、位置推定部14により推定されたシャトル1aの位置の、所定期間ごとの移動量に基づき、シャトル1aの移動の状態を判定する。シャトル1aの移動の状態は、例えば、プレイヤーによるサーブにより、シャトル1aが静止した状態から移動を開始した状態（サービス）、プレイ

ヤーにより打たれたシャトル 1 a が進行している状態（フライト）、一方のプレイヤーにより打たれたシャトル 1 a が他方のプレイヤーにより打ち返され、Z 方向についてシャトル 1 a の進行方向が変化した状態（ショット）などである。状態判定部 1 5 によるシャトル 1 a の移動の状態の判定の詳細は後述する。

[0020] 設定部 1 6 は、状態判定部 1 5 により判定されたシャトル 1 a の移動の状態に応じて、撮影画像に基づき、Z 方向のシャトル 1 a の位置の推定の起点となる初期位置を設定する。具体的には、設定部 1 6 は、状態判定部 1 5 により、シャトル 1 a が移動を開始した、または、Z 方向についてのシャトル 1 a の進行方向が変化したと判定されると、撮影画像に基づき、シャトル 1 a の移動またはシャトル 1 a の進行方向の変化の始点である初期位置を設定する。

[0021] 出力部 1 7 は、位置推定部 1 4 により推定されたシャトル 1 a の三次元的な位置などを出力する。

[0022] 次に、本実施形態に係る位置推定装置 1 0 の動作について説明する。図 3 は、本実施形態に係る位置推定装置 1 0 の動作の一例を示すフローチャートであり、位置推定装置 1 0 による位置推定方法を説明するための図である。

[0023] 入力部 1 1 は、図 2 に示すように、バドミントン競技が行われているコートで Z 方向から撮影した撮影画像が入力される（ステップ S 1 1）。

[0024] 抽出部 1 2 は、入力された撮影画像からシャトル 1 a を抽出する（ステップ S 1 2）。抽出部 1 2 による撮影画像からのシャトル 1 a の抽出について、図 4 を参照して説明する。図 4 においては、ある時刻（時刻 t ）における撮影画像からシャトル 1 a を抽出する例を用いて説明する。

[0025] 抽出部 1 2 は、例えば、背景差分法を用いて、撮影画像からシャトル 1 a を抽出する。具体的には、抽出部 1 2 は、時刻 t 以前の撮影画像（時刻 0 から時刻 $t - 1$ の撮影画像）から、移動体であるシャトル 1 a が存在しない背景画像を作成する。抽出部 1 2 は、作成した背景画像と時刻 t の撮影画像との差分を示す差分画像を作成し、差分画像からシャトル 1 a の色および形状

などの特徴に基づき、シャトル1 aを抽出する。

[0026] 図3を再び参照すると、方向推定部13は、抽出部12により抽出されたシャトル1 aの画像から、シャトル1 aの向きを推定する（ステップS13）。

[0027] シャトル1 aは、所定の方向から見た形状が、シャトル1 aの向きに応じて異なる。方向推定部13は、観察されるシャトル1 aの形状が、シャトル1 aの向きに応じて異なることを利用して、抽出されたシャトル1 aの画像からシャトル1 aの向きを推定する。方向推定部13は、図5に示すように、X方向およびY方向に様々な角度に傾いたシャトル1 aをZ方向から見た画像であるテンプレート画像を予め保持している。方向推定部13は、例えば、正規化相互相関法により、抽出されたシャトル1 aの画像と、保持しているテンプレート画像とのマッチングを行い、シャトル1 aの画像と最も類似するテンプレート画像を特定する。そして、方向推定部13は、特定したテンプレート画像におけるシャトル1 aの向き（X方向およびY方向の傾き）を、シャトル1 aの向きと推定する。このように、方向推定部13は、X方向およびY方向の傾きが異なるシャトル1 aの複数の画像と、抽出されたシャトル1 aの画像とのマッチングにより、シャトル1 aの向きを推定する。

[0028] 位置推定部14は、撮影画像からX方向およびY方向のシャトル1 aの位置を推定し、推定したX方向およびY方向のシャトル1 aの位置と、方向推定部13により推定されたシャトル1 aの向きの変化とに基づき、Z方向のシャトル1 aの位置を推定する（ステップS14）。以下では、時刻 $t-1$ （第1の時刻）における撮影画像から推定された、X方向、Y方向およびZ方向のシャトル1 aの位置を $(x(t-1), y(t-1), z(t-1))$ とし、X方向およびY方向のシャトル1 aの傾きを $(x'(t-1), y'(t-1))$ とする。また、時刻 t （第2の時刻）における撮影画像から推定された、X方向およびY方向のシャトル1 aの位置を $(x(t), y(t))$ とし、X方向およびY方向のシャトル1 aの傾きを $(x(t-1),$

$y(t-1)$)とする。位置推定部14は、以下の式1に基づき、時刻 t におけるZ方向のシャトル1aの位置を推定する。

[0029] [数1]

$$z(t) = \begin{cases} \frac{x(t)-x(t-1)}{x'(t)+x'(t-1)} + \frac{y(t)-y(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t)+x'(t-1) \neq 0 \wedge y'(t)+y'(t-1) \neq 0 \\ 2 \cdot \frac{y(t)-y(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t)+x'(t-1) = 0 \wedge y'(t)+y'(t-1) \neq 0 \\ 2 \cdot \frac{x(t)-x(t-1)}{x'(t)+x'(t-1)} + z(t-1) & x'(t)+x'(t-1) \neq 0 \wedge y'(t)+y'(t-1) = 0 \end{cases} \quad \text{式 1}$$

[0030] 状態判定部15は、位置推定部14により推定されたシャトル1aの位置の、所定期間ごとの移動量に基づき、シャトル1aの移動の状態を判定する(ステップS15)。以下では、時刻 $t-2$ におけるX方向、Y方向およびZ方向のシャトル1aの位置を $(x(t-2), y(t-2), z(t-2))$ とし、時刻 $t-1$ におけるX方向、Y方向およびZ方向のシャトル1aの位置を $(x(t-1), y(t-1), z(t-1))$ とし、時刻 t におけるX方向、Y方向およびZ方向のシャトル1aとの位置を $(x(t), y(t), z(t))$ とする。

[0031] 状態判定部15は、時刻 $t-1$ における位置の変化 $d(t-1)$ を以下の式2に基づき算出する。

$$d(t-1) = (x(t-1) - x(t-2), y(t-1) - y(t-2), z(t-1) - z(t-2)) \quad \text{式 2}$$

すなわち、状態判定部15は、時刻 $t-2$ から時刻 $t-1$ までの期間のシャトル1aの移動量を、時刻 $t-1$ における位置の変化 $d(t-1)$ として算出する。

[0032] また、状態判定部15は、時刻 t における位置の変化 $d(t)$ を以下の式3に基づき算出する。

$$d(t) = (x(t) - x(t-1), y(t) - y(t-1), z(t) - z(t-1))$$

式3

すなわち、状態判定部 15 は、時刻 $t - 1$ から時刻 t までの期間のシャトル 1 a の移動量を、時刻 t における位置の変化 $d(t)$ として算出する。

[0033] 状態判定部 15 は、時刻 $t - 1$ における位置の変化 $d(t - 1)$ および時刻 t における位置の変化 $d(t)$ に基づき、シャトル 1 a の移動の状態を判定する。具体的には、状態判定部 15 は、時刻 $t - 1$ における変化 $d(t - 1)$ が閾値 K_0 ($0 < K_0$) 未満であり、かつ、時刻 t における変化 $d(t)$ が K_1 ($0 < K_1$) より大きい場合、すなわち、以下の式 4 を満たす場合、シャトル 1 a の移動の状態がサービスである（プレイヤーによるサーブにより、シャトル 1 a が静止した状態から移動を開始した状態）と判定する。

$$|d(t - 1)| < K_0 \wedge |d(t)| > K_1 \quad \text{式 4}$$

[0034] また、状態判定部 15 は、時刻 $t - 1$ における変化 $d(t - 1)$ および時刻 t における変化 $d(t)$ が閾値 K_1 より大きく、かつ、Z 方向の値の符号が異なる場合、すなわち、以下の式 5 を満たす場合、シャトル 1 a の移動の状態がショットである（一方のプレイヤーによる打たれたシャトル 1 a が他方のプレイヤーにより打ち返され、Z 方向についてシャトル 1 a の進行方向が変化した状態）と判定する。

$$|d(t - 1)| > K_1 \wedge |d(t)| > K_1 \wedge z(t - 1) \cdot z(t) < -K_2$$

式 5

[0035] また、状態判定部 15 は、時刻 $t - 1$ における変化 $d(t - 1)$ および時刻 t における変化 $d(t)$ が閾値 K_1 より大きく、かつ、Z 方向の値が略同じである異なる場合、すなわち、以下の式 6 を満たす場合、シャトル 1 a の移動の状態がフライトである（プレイヤーによる打たれたシャトル 1 a が進行している状態）と判定する。

$$|d(t - 1)| > K_1 \wedge |d(t)| > K_1 \\ \wedge d(t - 1) \cdot d(t) / (|d(t - 1)| \cdot |d(t)|) >$$

K_3 式 6

- [0036] また、状態判定部 15 は、式 4～式 6 のいずれも満たさない場合、シャトル 1 a の移動の状態がアウト・オブ・プレーである（シャトル 1 a が競技外の動きをしている）と判定する（ステップ S 16）。
- [0037] なお、式 5 において、 $0 < K_2 < 1$ である。また、なお、式 6 において、 $0 < K_3 < 1$ である。また、式 4～式 6 において、「 $|\quad|$ 」はベクトルの大きさを示し、「 $\cdot$ 」はベクトルの内積を示す。
- [0038] シャトル 1 a の移動の状態がサービスあるいはショットであると判定されると、設定部 16 は、撮影画像に基づき、シャトル 1 a の移動または Z 方向の進行方向の変化の始点である初期位置を設定する（ステップ S 17）。設定部 16 による初期位置の設定について、図 6 を参照して説明する。
- [0039] 設定部 16 は、例えば、シャトル 1 a の移動の状態がサービスあるいはショットであると判定された時刻における撮影画像の中で、Z 方向の位置が既知の箇所に座標を設定する。図 6 の例では、設定部 16 は、バドミントンコート of X 方向に延びるラインの内、最も手前側のラインの座標 z_0 を 1 と設定し、最も奥側のラインの座標 z_1 を 0 と設定する。
- [0040] 次に、設定部 16 は、任意の物体抽出技術などを用いて、撮影画像から、シャトル 1 a を打つプレイヤー（サーブを打つプレイヤーまたはシャトル 1 a を打ち返すプレイヤー）の外接矩形を取得する。そして、設定部 16 は、設定した Z 方向の座標と、取得した外接矩形の下辺（Z 方向手前側の辺）の位置とに基づき、シャトル 1 a を打つプレイヤーの Z 方向の位置を推定する。設定部 16 は、推定したプレイヤーの位置を、シャトル 1 a の Z 方向の位置の初期位置として設定する。
- [0041] 設定部 16 により初期位置が設定されると、位置推定部 14 は、設定された初期位置を起点として、Z 方向のシャトル 1 a の位置を推定する。また、位置推定部 14 は、状態判定部 15 により、シャトル 1 a の移動の状態がフライングであると判定されると、前の時刻におけるシャトル 1 a の位置を起点として、Z 方向のシャトル 1 a の位置を推定する。また、位置推定部 14 は、状態判定部 15 により、シャトル 1 a の移動の状態がアウト・オブ・プレ

一であると判定されると、シャトル1 aの位置が例外値であると推定する。

[0042] 図3を再び参照すると、出力部17は、位置推定部14による推定結果を出力する(ステップS18)。したがって、出力部17は、シャトル1 aの移動の状態がサービス、ショットおよびフライトであると判定された場合には、シャトル1 aの三次元的な位置($x(t)$, $y(t)$, $z(t)$)の推定結果を出力する。また、出力部17は、シャトル1 aの移動状態がアウト・オブ・プレーであると判定された場合には、シャトル1 aの三次元的な位置が例外値あることを出力する。

[0043] 位置推定装置10は、入力された映像が終了する(映像中の画像がなくなる)まで、上記処理を繰り返す(ステップS19)。

[0044] このように、本実施形態に係る位置推定装置10は、抽出部12と、方向推定部13と、位置推定部14とを備える。抽出部12は、移動体(シャトル1 a)を含む所定の撮影範囲を第1の方向(Z方向)から撮影した撮影画像から、移動体の画像を抽出する。方向推定部13は、第1の方向と直交する第2の方向(X方向)、および、第1の方向および第2の方向と直交する第3の方向(Y方向)の傾きが異なる移動体を、第1の方向から見た複数の画像であるテンプレート画像と、抽出された移動体の画像とのマッチングにより移動体の向きを推定する。位置推定部14は、撮影画像から第2の方向および第3の方向の移動体の位置を推定する。そして、位置推定部14は、推定した第2の方向および第3の方向の位置と、推定された移動体の向きの変化とに基づき、第1の方向の移動体の位置を推定する。

[0045] また、本開示に係る位置推定方法は、抽出ステップS12と、方向推定ステップS13と、位置推定ステップS14とを備える。抽出ステップS12は、移動体(シャトル1 a)を含む所定の撮影範囲を第1の方向(Z方向)から撮影した撮影画像から、移動体の画像を抽出する。方向推定ステップS13は、第1の方向と直交する第2の方向(X方向)、および、第1の方向および第2の方向と直交する第3の方向(Y方向)の傾きが異なる移動体を、第1の方向から見た複数の画像であるテンプレート画像と、抽出された移

動体の画像とのマッチングにより移動体の向きを推定する。位置推定ステップS 1 4 は、撮影画像から第2の方向および第3の方向の移動体の位置を推定する。そして、位置推定ステップS 1 4 は、推定した第2の方向および第3の方向の位置と、推定された移動体の向きの変化とに基づき、第1の方向の移動体の位置を推定する。

[0046] 一方向から撮影した撮影画像から移動体の三次元的な位置を推定することができるので、従来のように、複数の撮影装置を用いる必要がなくなる。そのため、撮影装置の設置および撮影装置間のキャリブレーションなどが不要となるので、より簡易に移動体の三次元的な位置を推定することができる。

[0047] 図7は、本開示の一実施形態に係る位置推定装置10のハードウェア構成の一例を示す図である。図7においては、位置推定装置10がプログラム命令を実行可能なコンピュータにより構成される場合の、位置推定装置10のハードウェア構成の一例を示している。ここで、コンピュータは、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、ワークステーション、PC (Personal Computer)、電子ノートパッドなどであってもよい。プログラム命令は、必要なタスクを実行するためのプログラムコード、コードセグメントなどであってもよい。

[0048] 図7に示すように、位置推定装置10は、プロセッサ110、ROM (Read Only Memory) 120、RAM (Random Access Memory) 130、ストレージ140、入力部150、表示部160および通信インタフェース (I/F) 170を有する。各構成は、バス190を介して相互に通信可能に接続されている。プロセッサ110は、具体的にはCPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、SoC (System on a Chip) などであり、同種または異種の複数のプロセッサにより構成されてもよい。

[0049] プロセッサ110は、各構成の制御および各種の演算処理を実行するコントローラである。すなわち、プロセッサ110は、ROM120またはストレージ140からプログラムを読み出し、RAM130を作業領域としてプ

プログラムを実行する。プロセッサ１１０は、ＲＯＭ１２０あるいはストレージ１４０に記憶されているプログラムに従って、上述した位置推定装置１０の各構成の制御および各種の演算処理を行う。本実施形態では、ＲＯＭ１２０またはストレージ１４０には、コンピュータを本開示に係る位置推定装置１０として機能させるためのプログラムが格納されている。当該プログラムがプロセッサ１１０により読み出されて実行されることで、位置推定装置１０の各構成、すなわち、入力部１１、抽出部１２、方向推定部１３、位置推定部１４、状態判定部１５、設定部１６および出力部１７が実現される。

[0050] プログラムは、ＣＤ－ＲＯＭ（Compact Disk Read Only Memory）、ＤＶＤ－ＲＯＭ（Digital Versatile Disk Read Only Memory）、ＵＳＢ（Universal Serial Bus）メモリなどの非一時的（non-transitory）記憶媒体に記憶された形態で提供されてもよい。また、プログラムは、ネットワークを介して外部装置からダウンロードされる形態としてもよい。

[0051] ＲＯＭ１２０は、各種プログラムおよび各種データを格納する。ＲＡＭ１３０は、作業領域として一時的にプログラムまたはデータを記憶する。ストレージ１４０は、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）またはＳＳＤ（Solid State Drive）により構成され、オペレーティングシステムを含む各種プログラムおよび各種データを格納する。ＲＯＭ１２０およびストレージ１４０は、例えば、シャトル１ａの向きを推定するためのテンプレート画像を記憶してよい。

[0052] 入力部１５０は、マウスなどのポインティングデバイス、およびキーボードを含み、各種の入力を行うために使用される。

[0053] 表示部１６０は、例えば、液晶ディスプレイであり、各種の情報を表示する。表示部１６０は、タッチパネル方式を採用して、入力部１５０として機能してもよい。

[0054] 通信インタフェース１７０は、他の装置（例えば、撮影装置）などと通信するためのインタフェースであり、例えば、イーサネット（登録商標）、ＦＤＤＩ、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）などの規格が用いられる。

[0055] 上述した位置推定装置１０の各部として機能させるためにコンピュータを

好適に用いることが可能である。そのようなコンピュータは、位置推定装置 10 の各部の機能を実現する処理内容を記述したプログラムを該コンピュータの記憶部に格納しておき、該コンピュータのプロセッサ 110 によってこのプログラムを読み出して実行させることで実現することができる。すなわち、当該プログラムは、コンピュータを、上述した位置推定装置 10 として機能させることができる。また、当該プログラムを非一時的記録媒体に記録することも可能である。また、当該プログラムを、ネットワークを介して提供することも可能である。

[0056] 以上の実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

[0057] (付記項 1)

所定の方向から見た形状が向きに応じて異なる移動体の位置を推定する推定方法であって、

前記移動体を含む所定の撮影範囲を第 1 の方向から撮影した撮影画像から、前記移動体の画像を抽出し、

前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向、および、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向と直交する第 3 の方向の傾きが異なる前記移動体を、前記第 1 の方向から見た複数の画像と、前記抽出された移動体の画像とのマッチングにより前記移動体の向きを推定し、

前記撮影画像から前記第 2 の方向および前記第 3 の方向の前記移動体の位置を推定し、前記推定した第 2 の方向および第 3 の方向の位置と、前記推定した移動体の向きの変化とに基づき、前記第 1 の方向の前記移動体の位置を推定する、位置推定方法。

[0058] (付記項 2)

付記項 1 に記載の位置推定方法において、

第 1 の時刻における撮影画像から推定された、前記第 2 の方向、前記第 3 の方向および前記第 1 の方向の前記移動体の位置を $(x(t-1), y(t-1), z(t-1))$ とし、前記移動体の傾きを $(x'(t-1), y'(t-1))$ とし、

第2の時刻における撮影画像から推定された、前記第2の方向および前記第3の方向の前記移動体の位置を $(x(t), y(t))$ とし、前記移動体の傾きを $(x'(t), y'(t))$ とすると、

以下の式に基づき、前記第2の時刻における前記第1の方向の前記移動体の位置 $z(t)$ を推定する、位置推定方法。

[数2]

$$z(t) = \begin{cases} \frac{x(t)-x(t-1)}{x'(t)+x'(t-1)} + \frac{y(t)-y(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t) + x'(t-1) \neq 0 \wedge y'(t) + y'(t-1) \neq 0 \\ 2 \cdot \frac{y(t)-y(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t) + x'(t-1) = 0 \wedge y'(t) + y'(t-1) \neq 0 \\ 2 \cdot \frac{x(t)-x(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t) + x'(t-1) \neq 0 \wedge y'(t) + y'(t-1) = 0 \end{cases}$$

[0059] (付記項3)

付記項1に記載の位置推定方法において、

前記推定した移動体の位置の、所定期間ごとの移動量に基づき、前記移動体の移動の状態を判定し、

前記移動体が移動を開始した、または、前記第1の方向についての前記移動体の進行方向が変化すると判定されると、前記撮影画像に基づき、前記移動または前記進行方向の変化の始点である初期位置を設定する、位置推定方法。

[0060] (付記項4)

所定の方向から見た形状が向きに応じて異なる移動体の位置を推定する位置推定装置であって、

コントローラを備え、

前記コントローラは、

前記移動体を含む所定の撮影範囲を第1の方向から撮影した撮影画像から、前記移動体の画像を抽出し、

前記第1の方向と直交する第2の方向、および、前記第1の方向および前記第2の方向と直交する第3の方向の傾きが異なる前記移動体を、前記第1の方向から見た複数の画像と、前記抽出した移動体の画像とのマッチングにより前記移動体の向きを推定し、

前記撮影画像から前記第2の方向および前記第3の方向の前記移動体の位置を推定し、前記推定した第2の方向および第3の方向の位置と、前記推定された移動体の向きの変化とに基づき、前記第1の方向の前記移動体の位置を推定する、位置推定装置。

[0061] (付記項5)

コンピュータによって実行可能なプログラムを記憶した非一時的記憶媒体であって、前記コンピュータを、付記項4に記載の位置推定装置として機能させる、プログラムを記憶した非一時的記憶媒体。

[0062] 上述の実施形態は代表的な例として説明したが、本開示の趣旨および範囲内で、多くの変更および置換ができることは当業者に明らかである。したがって、本発明は、上述の実施形態によって制限するものと解するべきではなく、請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形または変更が可能である。例えば、実施形態の構成図に記載の複数の構成ブロックを1つに組み合わせたり、あるいは1つの構成ブロックを分割したりすることが可能である。

符号の説明

[0063] 1 対象物
1 a 移動体
1 0 位置推定装置
1 1 入力
1 2 抽出部
1 3 方向推定部
1 4 位置推定部
1 5 状態判定部
1 6 設定部
1 7 出力部
1 1 0 プロセッサ
1 2 0 ROM
1 3 0 RAM

1 4 0	ストレージ
1 5 0	入力部
1 6 0	出力部
1 7 0	通信 I / F
1 9 0	パス

請求の範囲

[請求項1] 所定の方向から見た形状が向きに応じて異なる移動体の位置を推定する推定方法であって、

前記移動体を含む所定の撮影範囲を第1の方向から撮影した撮影画像から、前記移動体の画像を抽出するステップと、

前記第1の方向と直交する第2の方向、および、前記第1の方向および前記第2の方向と直交する第3の方向の傾きが異なる前記移動体を、前記第1の方向から見た複数の画像と、前記抽出された移動体の画像とのマッチングにより前記移動体の向きを推定するステップと、

前記撮影画像から前記第2の方向および前記第3の方向の前記移動体の位置を推定し、前記推定した第2の方向および第3の方向の位置と、前記推定した移動体の向きの変化とに基づき、前記第1の方向の前記移動体の位置を推定するステップと、を含む位置推定方法。

[請求項2] 請求項1に記載の位置推定方法において、

第1の時刻における撮影画像から推定された、前記第2の方向、前記第3の方向および前記第1の方向の前記移動体の位置を $(x(t-1), y(t-1), z(t-1))$ とし、前記移動体の傾きを $(x'(t-1), y'(t-1))$ とし、

第2の時刻における撮影画像から推定された、前記第2の方向および前記第3の方向の前記移動体の位置を $(x(t), y(t))$ とし、前記移動体の傾きを $(x'(t), y'(t))$ とすると、

以下の式に基づき、前記第2の時刻における前記第1の方向の前記移動体の位置 $z(t)$ を推定する、位置推定方法。

[数1]

$$z(t) = \begin{cases} \frac{x(t)-x(t-1)}{x'(t)+x'(t-1)} + \frac{y(t)-y(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t)+x'(t-1) \neq 0 \wedge y'(t)+y'(t-1) \neq 0 \\ 2 \cdot \frac{y(t)-y(t-1)}{y'(t)+y'(t-1)} + z(t-1) & x'(t)+x'(t-1) = 0 \wedge y'(t)+y'(t-1) \neq 0 \\ 2 \cdot \frac{x(t)-x(t-1)}{x'(t)+x'(t-1)} + z(t-1) & x'(t)+x'(t-1) \neq 0 \wedge y'(t)+y'(t-1) = 0 \end{cases}$$

[請求項3] 請求項1または2に記載の位置推定方法において、

前記推定した移動体の位置の、所定期間ごとの移動量に基づき、前記移動体の移動の状態を判定するステップと、

前記移動体が移動を開始した、または、前記第 1 の方向についての前記移動体の進行方向が変化したと判定されると、前記撮影画像に基づき、前記移動または前記進行方向の変化の始点である初期位置を設定するステップと、をさらに含む位置推定方法。

[請求項4]

所定の方向から見た形状が向きに応じて異なる移動体の位置を推定する位置推定装置であって、

前記移動体を含む所定の撮影範囲を第 1 の方向から撮影した撮影画像から、前記移動体の画像を抽出する抽出部と、

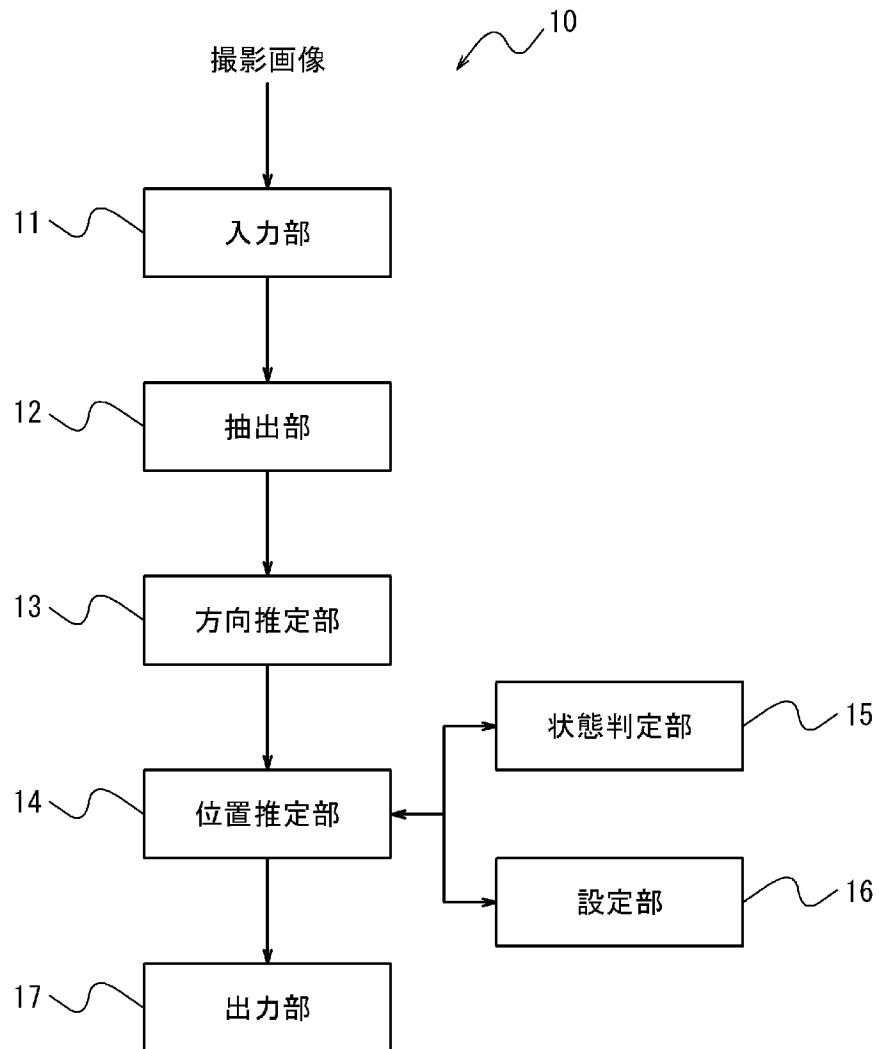
前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向、および、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向と直交する第 3 の方向の傾きが異なる前記移動体を、前記第 1 の方向から見た複数の画像と、前記抽出された移動体の画像とのマッチングにより前記移動体の向きを推定する方向推定部と、

前記撮影画像から前記第 2 の方向および前記第 3 の方向の前記移動体の位置を推定し、前記推定した第 2 の方向および第 3 の方向の位置と、前記方向推定部により推定された前記移動体の向きの変化とに基づき、前記第 1 の方向の前記移動体の位置を推定する位置推定部と、を備える位置推定装置。

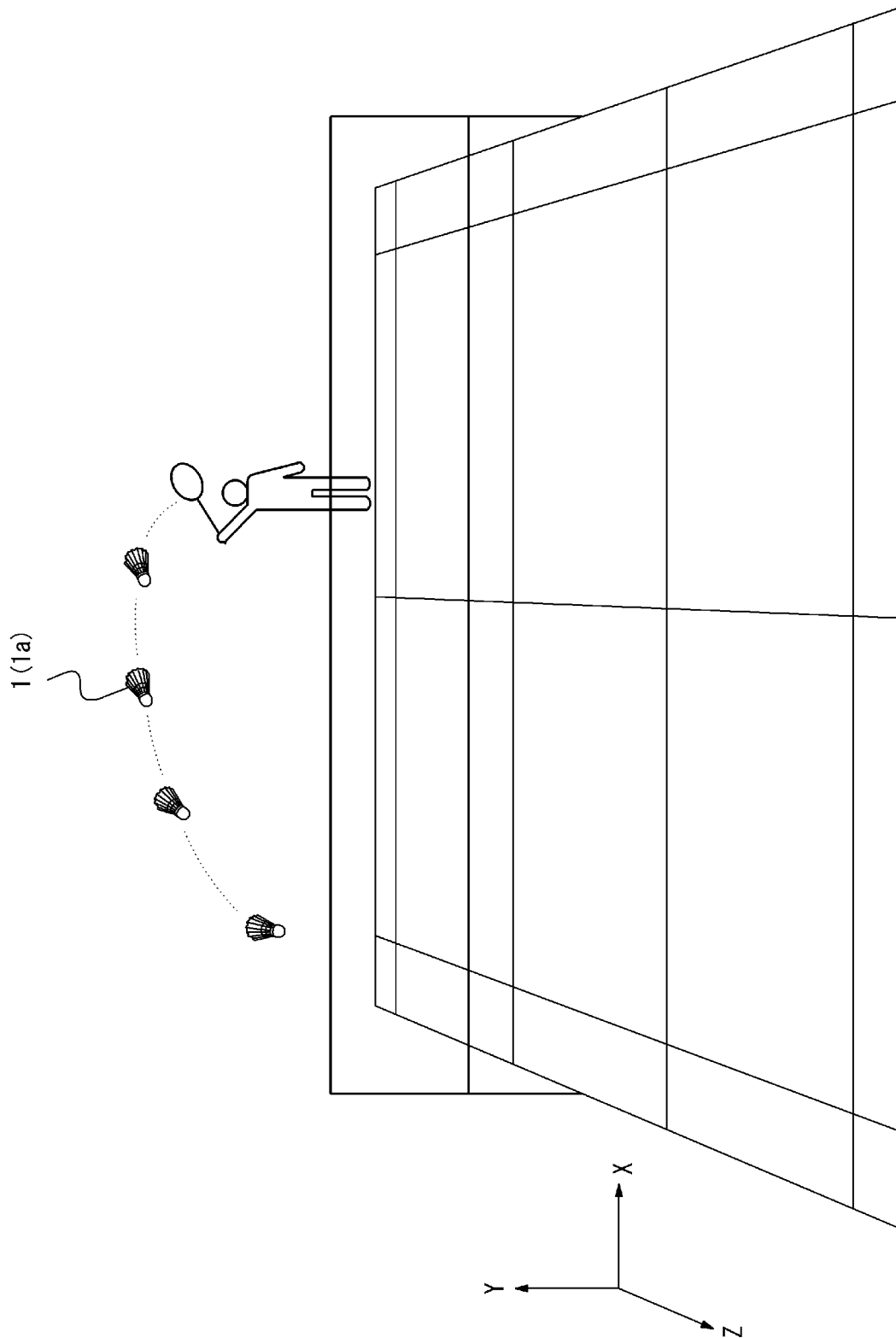
[請求項5]

コンピュータを、請求項 4 に記載の位置推定装置として機能させるプログラム。

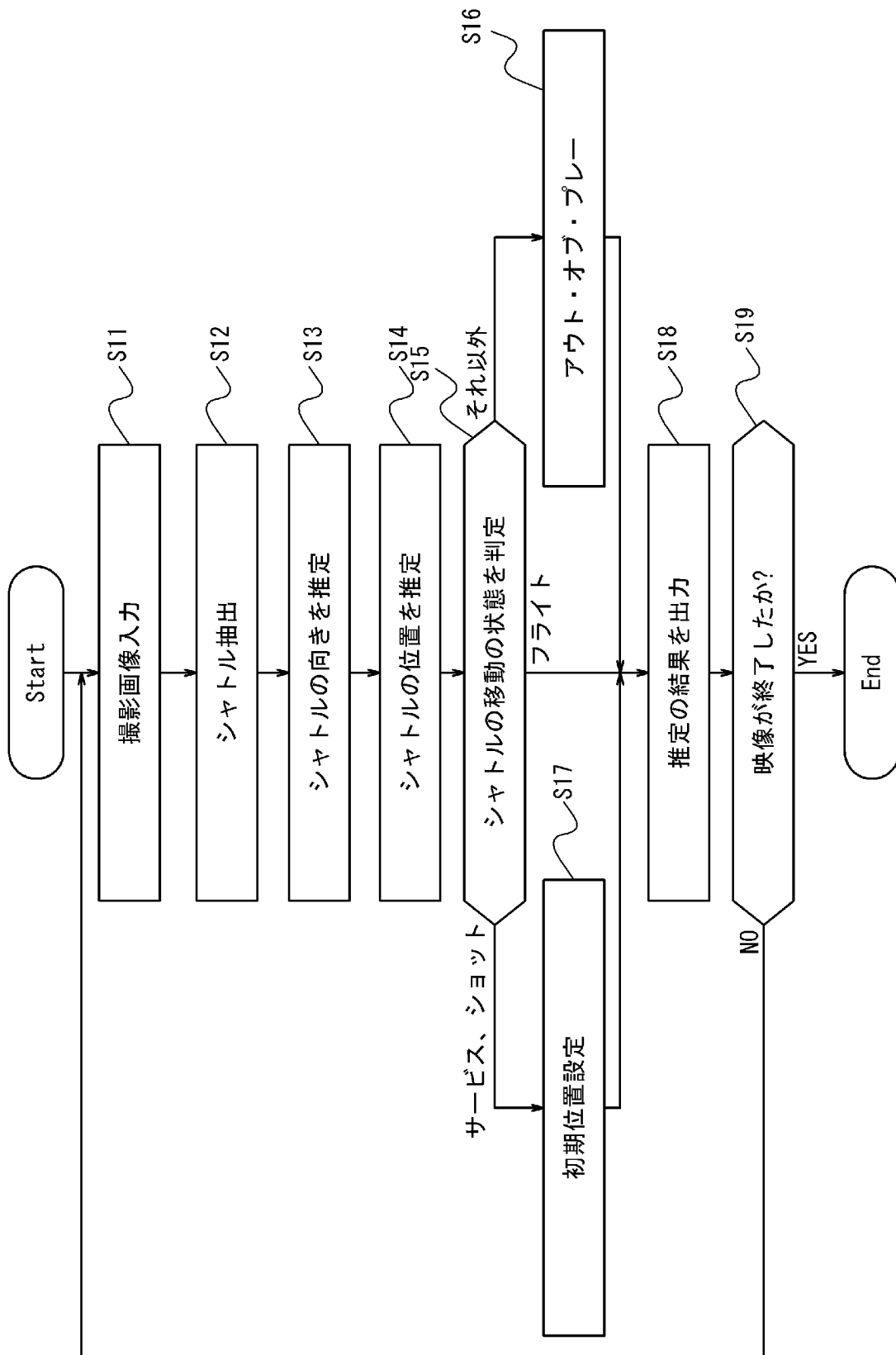
[図1]



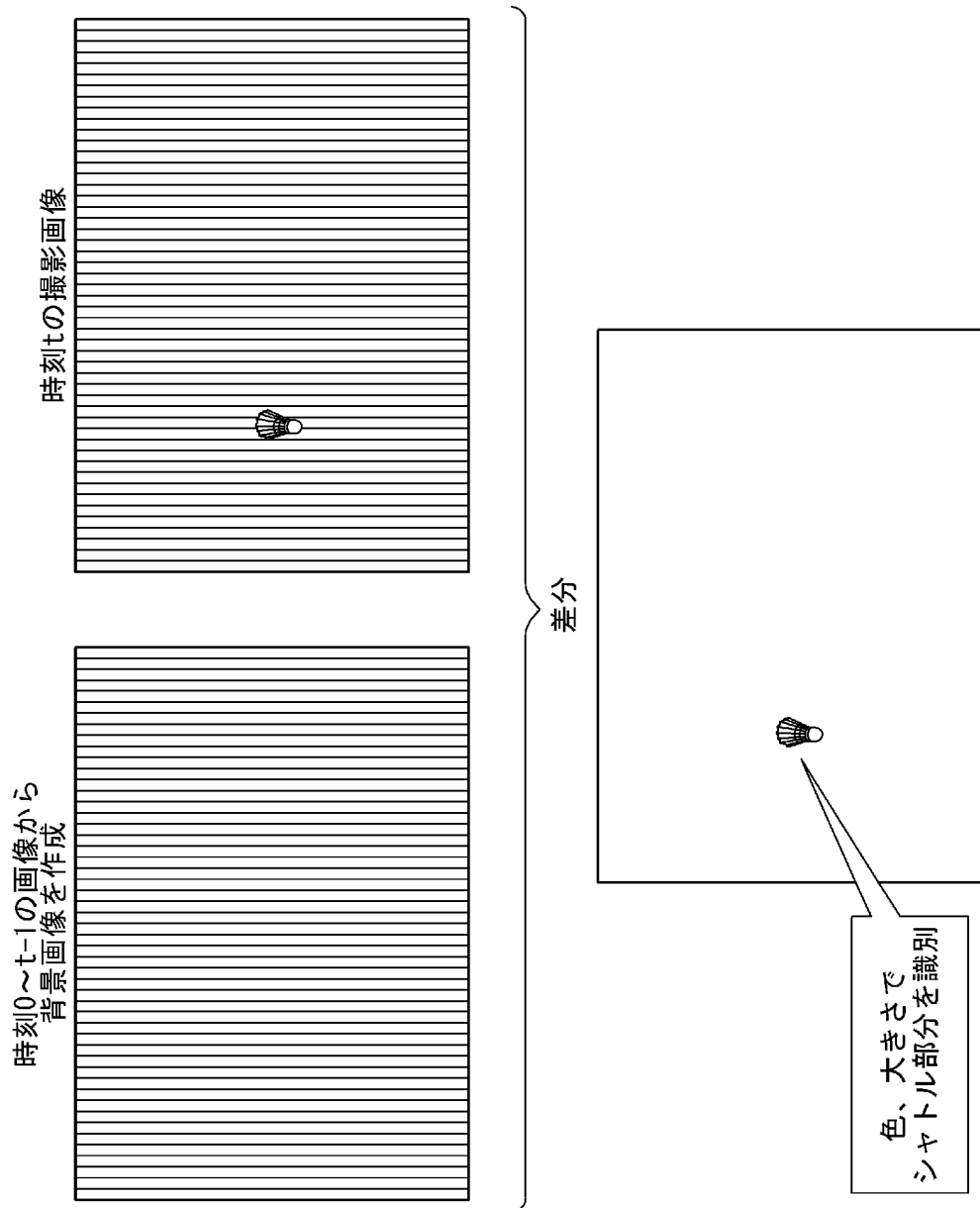
[図2]



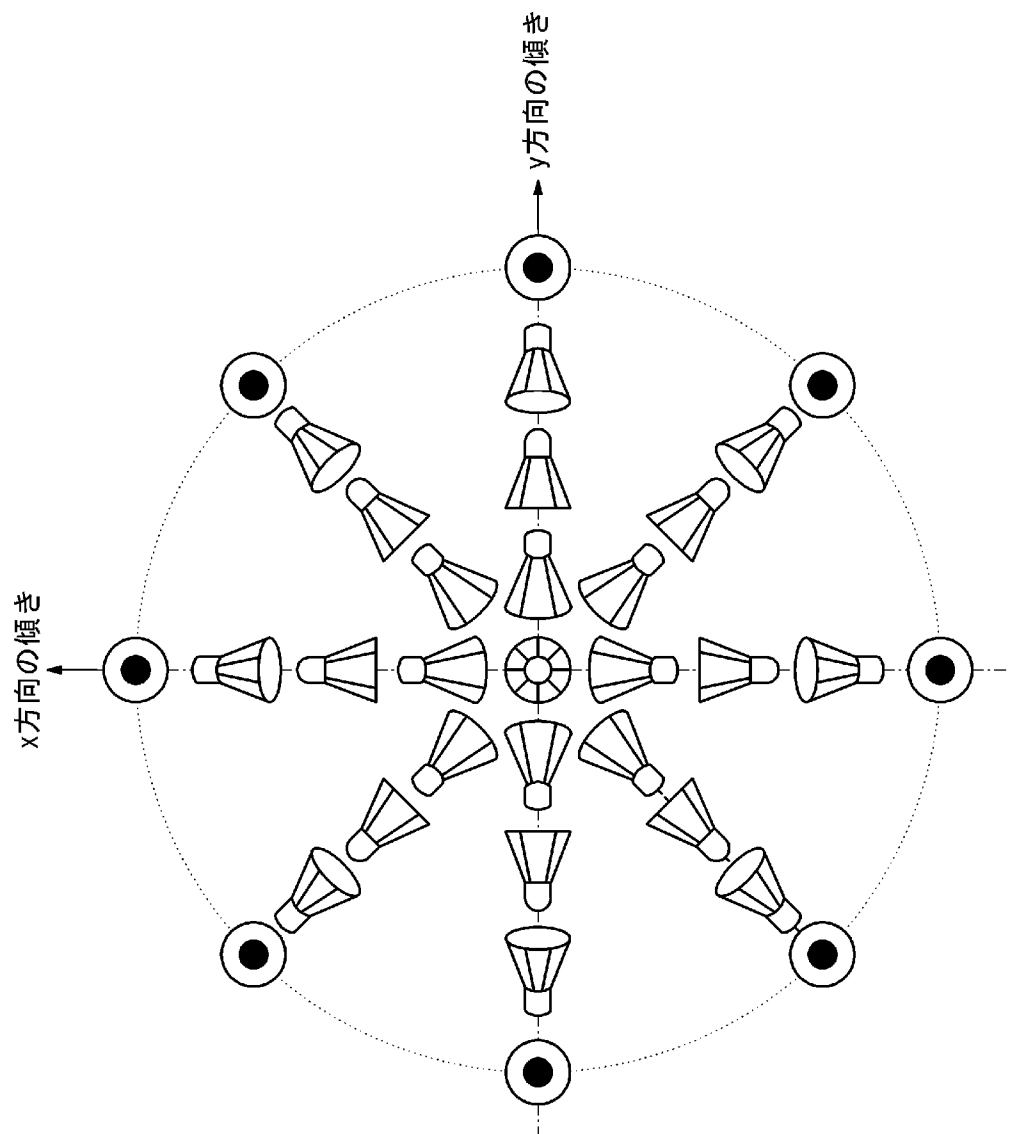
[図3]



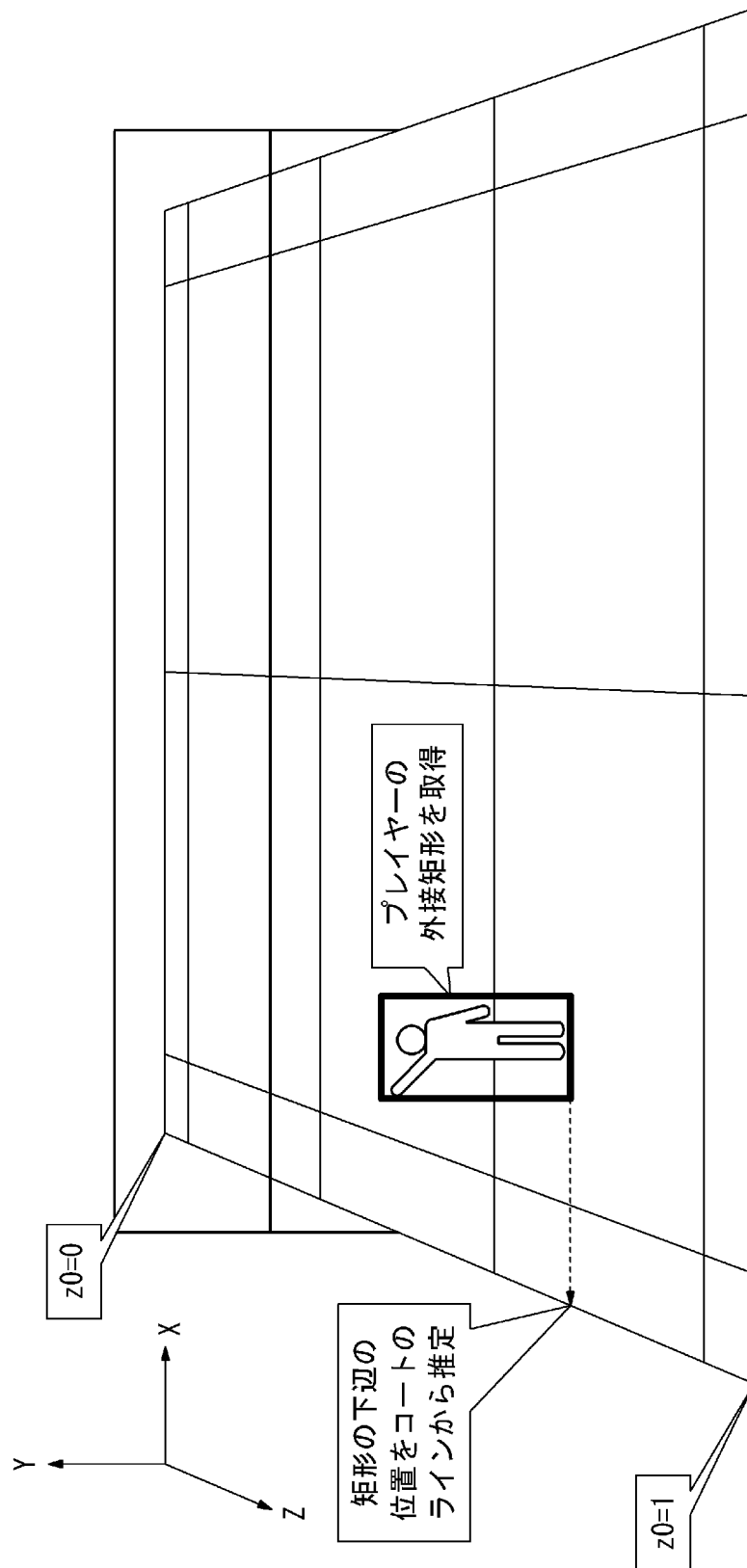
[図4]



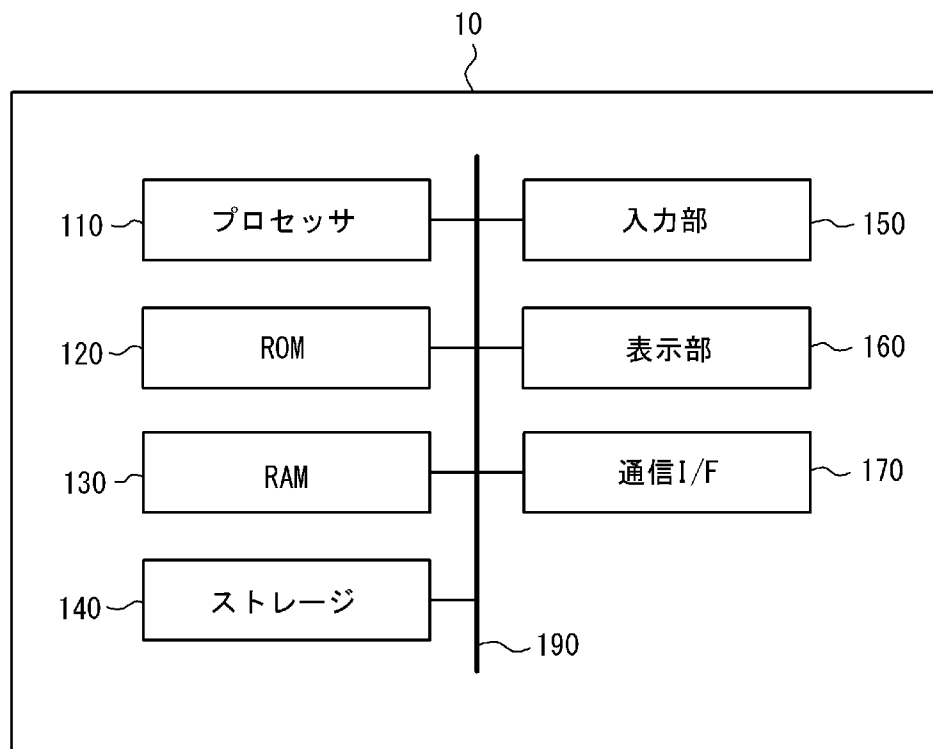
[図5]



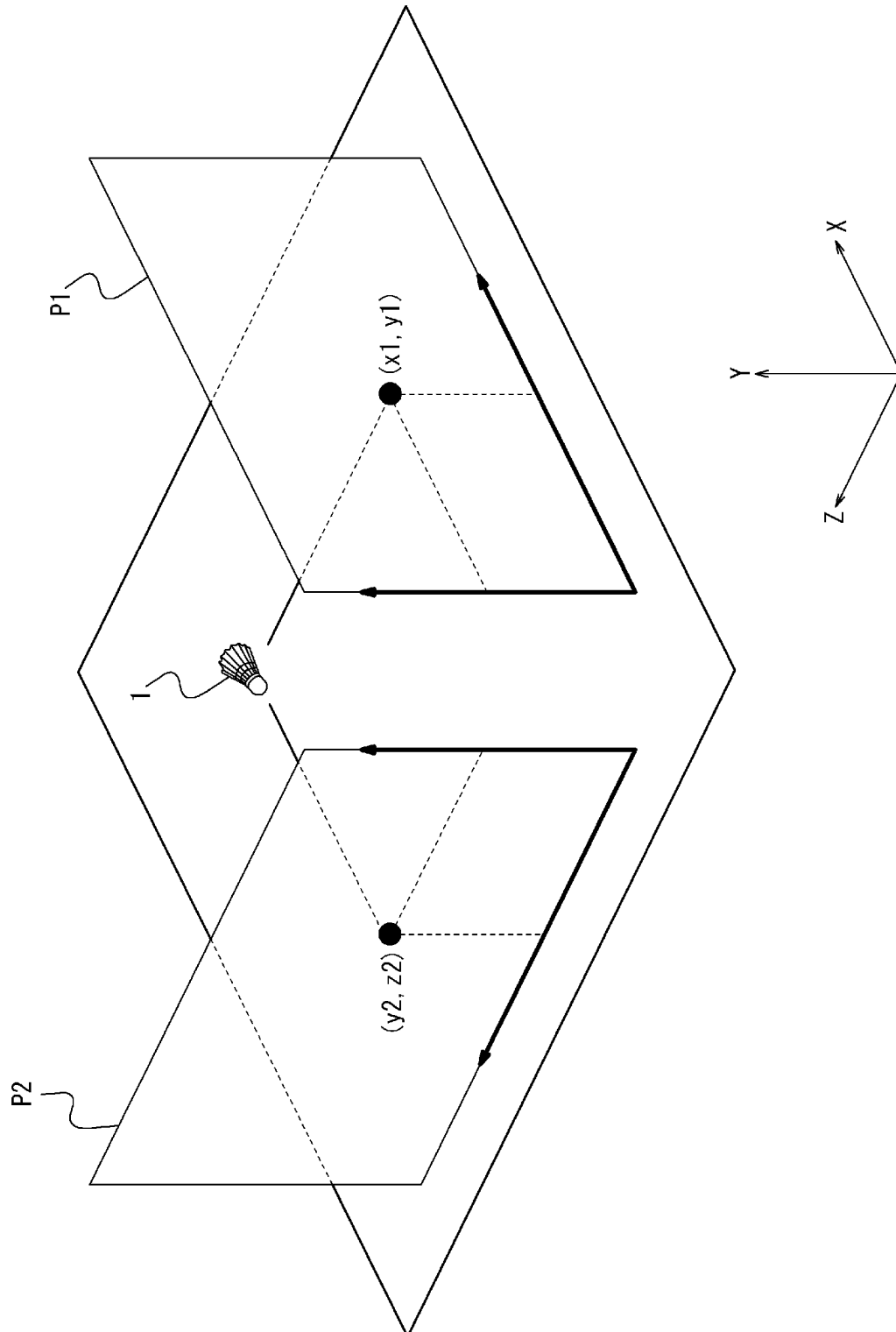
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/021086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/00(2006.01)i

FI: G01B11/00 A; G01B11/00 H

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)

G01B11/00

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
A	JP 2021-503664 A (BLAST MOTION INC) 12 February 2021 (2021-02-12) entire text	1-5
A	JP 2017-111684 A (DENSO CORP) 22 June 2017 (2017-06-22) entire text	1-5
A	KR 10-2020-0080562 A (DIEL CO., LTD.) 07 August 2020 (2020-07-07) entire text	1-5
A	CN 107730532 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 23 February 2018 (2018-02-23) entire text	1-5

☐ 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

04 August 2021 (04.08.2021)

Date of mailing of the international search report

17 August 2021 (17.08.2021)

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/JP2021/021086

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2021-503664 A	12 Feb. 2021	(Family: none)	
JP 2017-111684 A	22 Jun. 2017	US 2018/0366001 A1 entire text WO 2017/104773 A1	
KR 10-2020-0080562 A	07 Jul. 2020	(Family: none)	
CN 107730532 A	23 Feb. 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 11/00(2006.01)i FI: G01B11/00 A; G01B11/00 H		
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）） G01B11/00		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
A	JP 2021-503664 A（プラスト モーション インコーポレイテッド）12.02.2021 (2021 - 02 - 12) 全文	1-5
A	JP 2017-111684 A（株式会社デンソー）22.06.2017 (2017 - 06 - 22) 全文	1-5
A	KR 10-2020-0080562 A（DIBL CO., LTD.）07.07.2020 (2020 - 07 - 07) 全文	1-5
A	CN 107730532 A（GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY）23.02.2018 (2018 - 02 - 23) 全文	1-5
☐ 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、一般的な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 “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 04.08.2021		国際調査報告の発送日 17.08.2021
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 4779 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/JP2021/021086

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-503664	A	12.02.2021	(ファミリーなし)	
JP	2017-111684	A	22.06.2017	US 2018/0366001 A1	
				全文	
				WO 2017/104773 A1	
KR	10-2020-0080562	A	07.07.2020	(ファミリーなし)	
CN	107730532	A	23.02.2018	(ファミリーなし)	