

(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8月4日(04.08.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/162829 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06T 7/70 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/003022
- (22) 国際出願日: 2021年1月28日(28.01.2021)
- (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: 三上 弾(MIKAMI, Dan); 〒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). 山本 奏(YAMAMOTO, Susumu); 〒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). 柏野 牧夫(KASHINO, Makio); 〒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). 西條 直樹(SAIJO, Naoki); 〒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). 山口 真澄(YAMAGUCHI, Masumi); 〒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). 福田 岳洋(FUKUDA, Takehiro); 〒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: 中尾 直樹, 外(NAKAO, Naoki et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿三丁目1番22号 新宿N S Oビル6階 Tokyo (JP).

(54) Title: ROTATIONAL STATE ESTIMATION DEVICE, METHOD THEREFOR, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 回転状態推定装置、その方法、およびプログラム

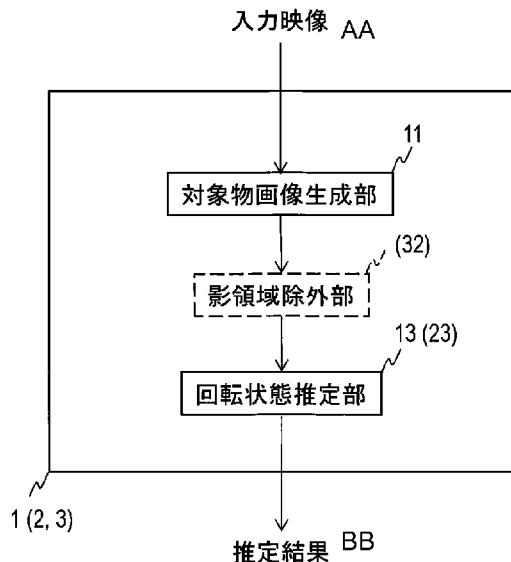


図1

11 Target object image generation unit  
13(23) Rotational state estimation unit  
(32) Shadow area exclusion unit  
AA Input video  
BB Estimation result

(57) Abstract: The present invention estimates the rotational state of a target object obtained from an input video of a plurality of time-series frames, using target object images obtained by excluding, from images corresponding to the target object, at least a portion of a region common to the plurality of frames.

(57) 要約: 時系列の複数フレームの入力映像から得られる対象物に対応する画像から複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、対象物の回転状態を推定する。

(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))

## 明 細 書

### 発明の名称：回転状態推定装置、その方法、およびプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、飛翔するボール等の対象物の回転状態を推定する技術に関する。

### 背景技術

[0002] 飛翔するボール等の対象物の回転状態を推定する技術として非特許文献 1 に開示されたものがある。この技術では、入力映像から或るフレーム  $t$  におけるボールの外見が再び現れる時刻  $t + T$  を検出することで回転周期  $T$  を求め、それからボールの回転数を求め、さらに隣接フレーム間で最もフィットするボールの回転軸を求める。しかし、非特許文献 1 の技術では、一周期分の入力映像が得られていない場合には、対象物の回転状態を推定することができない。

[0003] これに対し、一周期分の入力映像が得られていない場合であっても対象物の回転状態を推定できる技術として、特許文献 1 に記載されたものがある。この技術では、 $t_0$  を所定の 1 以上の整数として、入力映像から得られる時刻  $t$  の対象物画像と時刻  $t + t_0$  の対象物画像とを用い、時刻  $t$  の対象物画像中の対象物を回転状態の仮説に基づいて  $t_0$  単位時間だけ回転させた対象物の画像の尤度が高くなる回転状態の仮説を複数の回転状態の仮説の中から選択することで、対象物の回転状態を推定する。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2020-153677 号公報

### 非特許文献

[0005] 非特許文献 1：Takashi Ijiri, Atsushi Nakamura, Akira Hirabayashi, Wataru Sakai, Takeshi Miyazaki, Ryutaro Himeno, "Automatic spin measurements for pitched Baseballs via consumer-grade high-speed cameras", Sig

nal, Image and Video Processing, Vol. 11, Issue 7, 2017.

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0006] 対象物に太陽光などの強い光が当たる場合、対象物画像の光が直接当たっている部分と影になる部分とでは、画素値（輝度）が大きく異なる。このような場合、対象物が本来持つテクスチャ（例えば、ボールの縫い目など）に基づいて対象物の回転状態を推定することが非常に困難になる。
- [0007] 本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、対象物画像の光が直接当たっている部分と影になる部分とで画素値が大きく異なる場合であっても、対象物の回転状態を推定できる技術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

- [0008] 上記の課題を解決するために、時系列の複数フレームの入力映像から得られる対象物に対応する画像から前記複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、前記対象物の回転状態を推定する。

### 発明の効果

- [0009] 本発明では、対象物画像の光が直接当たっている部分と影になる部分とで画素値が大きく異なる場合であっても、対象物の回転状態を推定できる。

### 図面の簡単な説明

- [0010] [図1]図1は実施形態の回転状態推定装置の機能構成を例示するためのブロック図である。
- [図2]図2は実施形態の回転状態推定方法を例示するためのフロー図である。
- [図3]図3は実施形態の回転状態推定処理を例示するためのフロー図である。
- [図4]図4は実施形態の回転状態推定方法を例示するための図である。
- [図5]図5は実施形態の回転状態推定方法を例示するための図である。
- [図6]図6 Aから図6 Cは実施形態で推定される回転状態の不確定性を説明するための図である。

[図7]図7は実施形態で推定される回転状態の不確定性を説明するための図である。

[図8]図8は実施形態の回転状態推定方法を例示するための図である。

[図9]図9は実施形態の回転状態推定方法を例示するための図である。

[図10]図10は球に現れた影を例示するための図である。

[図11]図11Aは影が現れた球の映像を例示するための図である。図11Bは図11Aに例示した映像から抽出したエッジ領域を例示するための図である。図11Cは図11Aに例示した映像から推定した回転状態を例示するための図である。

[図12]図12は実施形態の影領域除外処理を例示するためのフロー図である。

[図13]図13Aは影が現れた対象物の映像を例示するための図であり、図13Bは図13Aに例示した映像に対応するマスクを例示するための図である。図13Cは影が現れた球の映像を例示するための図であり、図13Dは図13Cに例示した映像に対応するマスクを例示するための図である。図13Eは影が現れた球の映像を例示するための図であり、図13Fは図13Eに例示した映像に対応するマスクを例示するための図である。

[図14]図14Aは、ほとんど影が現れていない対象物の映像に対応するマスクを例示するための図である。図14Bは、対象物の映像において複数フレームに共通して現れる回転軸の軸心部分の領域を例示するための図である。

[図15]図15は実施形態の回転状態推定装置のハードウェア構成を例示するためのブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。なお、同じ機能を有する構成部および同じ処理には同じ参照番号を付し、重複説明を省略する。

[0012] [第1実施形態]

図1に例示するように、本実施形態の回転状態推定装置1は、例えば対象物画像生成部11および回転状態推定部13を有する。図2に例示するよう

に、本実施形態の回転状態推定方法は、例えば、回転状態推定装置 1 の各構成部が、以下に説明するステップ S 1 1 および S 1 3 の処理を行うことで実現される。以下、詳細に説明する。

[0013] <対象物画像生成部 1 1 (ステップ S 1 1) >

対象物画像生成部 1 1 には、対象物の映像（以下、「入力映像」という）が入力される。対象物とは、回転状態の推定の対象となる物体のことである。対象物の例はボールである。以下、対象物が野球のボールである場合を例に挙げて説明する。もちろん、対象物は野球のボールに限られず、ソフトボールのボール、ボーリングの球、サッカーボールなどであってもよい。対象物の回転状態とは、対象物の回転軸および回転量の少なくとも一方に対応する情報である。対象物の回転軸に対応する情報とは、例えば、対象物の回転軸（対象物の自転の回転軸）を表す情報であり、その一例は当該回転軸を表す座標や角度などである。より好ましくは、対象物の回転軸に対応する情報は、対象物の回転軸および回転方向を表す情報である。このような情報の例は 2 次元座標 (x, y) であり、対象物の回転軸が当該 2 次元座標 (x, y) と原点 (0, 0) とを通る直線 L と平行となり、かつ、原点 (0, 0) から 2 次元座標 (x, y) を見たときの当該直線 L 周りの所定回転方向 R（右回転方向または左回転方向）が、対象物の回転方向となる。対象物の回転量に対応する情報とは、例えば、当該回転量を表す角度や回転数、所定時間（例えば、1 分、1 秒、フレーム間隔など）当たりの回転数（例えば、回毎分 (rpm: revolutions per minute)、回毎秒 (rps: revolutions per second)、回毎フレームなど）などである。入力映像は時系列の映像であり、複数のフレームの画像を有する。例えば、入力映像は投げられた球の様子を撮影して得られた動画である。入力映像は事前に撮影されたものであってもよいし、リアルタイムに撮影されるものであってもよい。

[0014] 対象物画像生成部 1 1 は、入力映像から、対象物の画像である対象物画像を生成する。対象物画像は、例えば、対象物の中心を画像の中心として、対象物の全体が含まれるように切り出された、入力映像中の 1 フレーム画像中

の部分領域である。対象物画像生成部 11 は、対象物の映像全体を含み、周辺に既知のサイズの余白を含むサイズの矩形となるように、入力された映像中の 1 フレーム画像中から部分領域を切り出して、対象物画像とする。既知のサイズの余白の例として、対象物の半径の 0.5 倍とすることができる。すなわち、左側の余白（対象物の半径の 0.5 倍）、対象物（半径の 2 倍の直径）、対象物の右側の余白で合計対象物の半径の 3 倍の長さを持つ辺と、上側の余白、対象物、対象物の下側の余白で合計対象物の半径の 3 倍の長さを持つ辺と、を持つ正方形の対象物画像とすることが考えられる。

[0015] 対象物画像生成部 11 は、対象物の特徴が抽出された（特徴強調された）対象物画像を生成してもよい。例えば、対象物画像生成部 11 は、上述のように入力映像から切り出された部分領域に対してエッジ抽出を行って得られる画像を対象物画像として得てもよい。これにより、対象物の特徴を抽出することができ、後続の回転状態推定部 13 の処理の精度が高まるというメリットがある。

[0016] 上述のように入力映像は時系列の映像であり、対象物画像も時系列の画像となる。例えば、入力映像の各フレーム画像に対して対象物画像が生成される場合、対象物画像も各フレームに対応する。時刻  $t$  の対象物画像を  $O_t$  と表すことにする。時刻  $t$  は時刻に対応する時系列情報であればどのようなものでもよく、例えば、実時間であってもよいし、フレーム番号であってもよい。生成された対象物画像は、回転状態推定部 13 に出力される。

[0017] <回転状態推定部 13（ステップ S13）>

回転状態推定部 13 には、対象物画像生成部 11 で生成された対象物画像が入力される。回転状態推定部 13 は、上述のように時系列の入力映像から得られた或る時刻  $t$  の対象物の画像である対象物画像  $O_t$  中の対象物を回転状態の仮説に基づいて  $w$  単位時間だけ回転させた時刻  $t + w \cdot u$  の対象物の画像である対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  と、入力映像から得られた時刻  $t + w \cdot u$  の対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  とを用い、対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  の尤度が高くなる回転状態の仮説および  $w$  を、複数の回転状態の仮説および複数の  $w$  の中から選択する

ことで、対象物の回転状態を推定する。

[0018] 言い換えると、時系列の入力映像から得られた或る時刻  $t$  の対象物の画像である対象物画像  $O_t$  中の対象物を回転状態の仮説に基づいて  $w$  単位時間だけ回転させた時刻  $t + w \cdot u$  の対象物の画像である対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  と、入力映像から得られた時刻  $t + w \cdot u$  の対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  とが近くなる回転状態の仮説および  $w$  を、複数の回転状態の仮説および複数の  $w$  の中から選択することで、対象物の回転状態を推定する。

[0019] ここで、単位時間  $u$  は予め定められた時間区間である。単位時間  $u$  は、フレーム間隔（すなわち、互いに隣接するフレーム間の時間区間）であってもよいし、2以上離れたフレーム間の時間区間であってもよいし、その他の予め定められた時間区間であってもよい。以下では、一例としてフレーム間隔を単位時間  $u$  とする例を説明する。また、 $w$  は絶対値が1以上の整数である。すなわち、 $w$  は  $w \leq -1$  または  $w \geq 1$  の整数である。 $w$  が負の場合、対象物を回転状態の仮説に基づいて  $w$  単位時間だけ回転させるとは、対象物を回転状態の仮説が示す回転方向の逆回転方向に  $|w|$  単位時間だけ回転させること（対象物を  $w$  単位時間だけ過去に遡らせた状態にすること）を意味する。 $w$  を1以上の整数のみに限定してもよいし、 $-1$  以下の整数のみに限定してもよい。 $w$  の絶対値の上限に限定はないが、対象物の想定される回転周期以下に  $w$  の絶対値が制限されてもよい。回転状態の仮説は、例えば、対象物の回転軸に対応する情報  $r$  および回転量に対応する情報  $\theta$  を表す。

[0020] 図3を用い、ステップS13の処理の具体例を説明する。

回転状態推定部13は、 $w$  の探索範囲  $a \leq w \leq b$  に属する各  $w$  について、対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  と対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  とを用い、対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  の尤度が高くなる回転状態の仮説  $(r_w, \theta_w)$  を複数の回転状態の仮説  $(r, \theta)$  の中から選択し、それぞれのマッチングスコア  $s_w$  を得る（ステップS131）。ただし、 $a < b$  であり、 $a$  および  $b$  は事前に定められていてもよいし、入力値に基づいて設定されてもよいし、他の処理に基づいて自動的に設定されてもよい。なお、探索範囲  $a \leq w \leq b$  に0が含まれる場合であって

も、 $w = 0$ でのステップS 1 3 1の処理は不要であるが、 $w = 0$ についてステップS 1 3 1の処理が実行されてもよい。また、各 $w$ について対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ の尤度が高くなる回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ を選択するには、例えば特許文献1に記載された方法を用いればよい。以下にこの方法の概要を示す。

[0021] 《各 $w$ の回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ を選択する方法の一例》

各 $w$ についての回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ の選択に特許文献1に記載された方法を用いる場合、回転状態推定部13は、探索範囲 $a \leq w \leq b$ に属する各 $w$ について以下の処理を実行する。

[0022] まず、回転状態推定部13は、回転状態の仮説 $(r, \theta)$ を複数（複数種類）生成する。生成された複数の仮説を $(r, \theta) = (r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$ と表現する。ただし、 $J$ は2以上の整数である。例えば、回転状態推定部13は、事前に与えられた確率分布に基づいて複数の仮説 $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$ を生成する。なお、初期状態においては、一般に事前情報が存在しないため、回転状態推定部13は、例えば一様分布の確率分布に基づいて複数の仮説 $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$ を生成する（ステップS 1 3 1 1）。

[0023] 回転状態推定部13は、対象物画像 $O_t$ 中の対象物を各回転状態の仮説 $(r(j), \theta(j))$ （ $j = 1, \dots, J$ ）に基づいて $w$ 単位時間だけ回転させた時刻 $t + w \cdot u$ の対象物の画像である対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ を生成する。すなわち、回転状態推定部13は、探索範囲 $a \leq w \leq b$ に属する各 $w$ について、各回転状態の仮説 $(r(j), \theta(j))$ に対応する対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ を生成する。図4に探索範囲 $1 \leq w \leq 5$ の場合を例示する。図4の直線の矢印は時間の流れを表す。この例では、 $1 \leq w \leq 5$ の各 $w$ について、 $J$ 個の仮説 $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$ にそれぞれ対応する $J$ 個の対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ が生成される。回転状態推定部13は、各仮説 $(r(j), \theta(j))$ に対応する対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と、入力映像から得

られた時刻  $t + w \cdot u$  の対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  を比較することで、各仮説  $(r(j), \theta(j))$  の尤度（尤もらしさ）を検証する。例えば、回転状態推定部 13 は、対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  と対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  との類似度を計算し、得られた類似度または当該類似度の関数値を当該仮説  $(r(j), \theta(j))$  の尤度とする。ここで、2 個の画像の類似度とは、例えば 2 個の画像の中の対応するサンプルのユークリッド距離を所定の非増加関数に入力したときの出力値である。所定の非増加関数の例は  $f(x) = 1/x$  である。回転状態推定部 13 は、当該仮説  $(r(j), \theta(j))$  の尤度の計算を、生成された複数の仮説それぞれについて行う。回転状態推定部 13 は、この仮説の尤度の計算を、生成された複数の仮説  $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$  のそれぞれについて行う（ステップ S1312）。

[0024] 回転状態推定部 13 は、計算された仮説  $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$  の尤度が所定の収束条件を満たしているか判断する。所定の収束条件の例は、前回計算された仮説の尤度の最大値と、今回計算された仮説の尤度の最大値との差の大きさが、所定の閾値以下であるかである。計算された仮説の尤度が所定の収束条件を満たしていない場合には、処理がステップ S1311 に戻る。この際、ステップ S1311 では、回転状態推定部 13 は、ステップ S1312 で計算された尤度によって定まる仮説の確率分布に基づくランダムサンプリングにより、複数の仮説  $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$  を新たに生成する。一方、計算された仮説の尤度が所定の収束条件を満たしている場合には、回転状態推定部 13 は、今回計算された仮説  $(r(1), \theta(1)), \dots, (r(J), \theta(J))$  から尤度を大きくなる仮説  $(r, \theta) = (r_w, \theta_w)$  を選択する。例えば、回転状態推定部 13 は、今回計算された仮説の尤度の最大値に対応する仮説  $(r_w, \theta_w)$  を選択してもよいし、尤度が閾値以上または閾値を超えることになる仮説  $(r_w, \theta_w)$  を選択してもよいし、尤度の大きい順で基準順位以上の尤度の仮説  $(r_w, \theta_w)$  を選択してもよい（ステップ S1313）（《各  $w$  の回転状態の仮説  $(r_w, \theta_w)$  を選択する方法の一例》の説明終

わり)。

[0025] 回転状態推定部13は、各 $w$ の回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ を選択すると、さらに各 $w$ について、選択した仮説 $(r_w, \theta_w)$ に対応する対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とのマッチングスコア $s_w$ を得る。マッチングスコア $s_w$ は、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ との類似度を表した指標である。例えば、ステップS1312で得られた仮説 $(r_w, \theta_w)$ の尤度、すなわち、仮説 $(r_w, \theta_w)$ に対応する対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ との類似度をそのままマッチングスコア $s_w$ としてもよいし、当該類似度の関数値をマッチングスコア $s_w$ としてもよいし、仮説 $(r_w, \theta_w)$ に対応する対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とから新たにマッチングスコア $s_w$ が計算されてもよい。探索範囲 $a \leq w \leq b$ に属する各 $w$ について上述の処理が行われることにより、以下のようなリストが得られる。

[表1]

| $w$   | $(r_w, \theta_w)$         | $s_w$     |
|-------|---------------------------|-----------|
| $a$   | $(r_a, \theta_a)$         | $s_a$     |
| $a+1$ | $(r_{a+1}, \theta_{a+1})$ | $s_{a+1}$ |
| ...   | ...                       | ...       |
| $b$   | $(r_b, \theta_b)$         | $s_b$     |

[0026] 回転状態推定部13は、上述のように得られたマッチングスコア $s_a, \dots, s_b$ に基づいて特定の $w$ を選択する(ステップS132)。すなわち、回転状態推定部13は、大きなマッチングスコアに対応する特定の $w$ を選択する。例えば、回転状態推定部13は、マッチングスコア $s_a, \dots, s_b$ のうち最大のマッチングスコアに対応する $w$ を選択してもよいし、マッチングスコア $s_a, \dots, s_b$ のうち閾値以上または閾値を超えることとなる $w$ を選択してもよいし、マッチングスコア $s_a, \dots, s_b$ のうち大きい順で基準順位以上のマッチングスコアに対応する $w$ を選択してもよい。

[0027] 回転状態推定部13は、選択した特定の $w$ に対応する仮説 $(r_w, \theta_w)$ から対象物の回転状態を推定し、その推定結果を出力する(ステップS133)。すなわち、回転状態推定部13は、仮説 $(r_w, \theta_w)$ から対象物の回転軸および回転量の少なくとも一方に対応する情報を推定し、その推定結果を

出力する。例えば、回転状態推定部 13 は、選択した回転状態の仮説 ( $r_w$ ,  $\theta_w$ ) が表す対象物の回転軸に対応する情報  $r_w$  および回転量に対応する情報  $\theta_w$  と  $w$  とに基づき、対象物の回転軸および単位時間当たりの回転量の少なくとも一方に対応する情報を対象物の回転状態として得る。

[0028] ここで選択された仮説 ( $r_w$ ,  $\theta_w$ ) に対応する対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  と同じ画像は対象物の回転周期ごとに現れる。そのため、選択された仮説 ( $r_w$ ,  $\theta_w$ ) のみからは、対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  が対象物画像  $O_t$  に表された対象物をどの程度回転させたときの画像なのかを完全に特定することはできない。また、対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  と同じ画像は、対象物が或る回転軸周りのいずれの方向に回転しても現れる。そのため、選択された仮説 ( $r_w$ ,  $\theta_w$ ) のみからは、対象物画像  $O_{t+w \cdot u}$  が対象物画像  $O_t$  に表された対象物をどの方向に回転させたときの画像なのかも完全に特定することができない。

[0029] 図 5 に  $w = 3$  が選択された場合の例を示す。この場合、選択された回転状態の仮説 ( $r_3$ ,  $\theta_3$ ) に対応する対象推定画像  $E_{t+3u}$  と対象物画像  $O_{t+3u}$  との類似度は高い。図 6 A から図 6 C に、この場合の対象物の回転状態の可能性を示す。ここでは、 $r_3$  が対象物の回転軸および回転方向を表す二次元座標であり、 $\theta_3$  が対象物の回転量を表す角度であるとする。図 6 A は、対象物画像  $O_t$  に表された対象物が  $r_3$  で表される回転軸および回転方向について角度  $\theta_3$  だけ回転したときの当該対象物の画像が対象物画像  $O_{t+3u}$  となった例である。図 6 B は、対象物画像  $O_t$  に表された対象物が  $r_3$  で表される回転軸および回転方向について角度  $\theta_3 + 2n\pi$  だけ回転したときの当該対象物の画像が対象物画像  $O_{t+3u}$  となった例である。ただし  $n$  は整数である。図 6 C は、対象物画像  $O_t$  に表された対象物が  $-r_3$  で表される回転軸および回転方向について角度  $-\theta_3 + 2n\pi$  だけ回転したときの当該対象物の画像が対象物画像  $O_{t+3u}$  となった例である。図 6 A から図 6 C のいずれの対象物画像  $O_{t+3u}$  も同一となり、いずれも回転状態の仮説 ( $r_3$ ,  $\theta_3$ ) に対応する対象推定画像  $E_{t+3u}$  との類似度は高い (図 5)。

[0030] つまり、ステップ S 132 で選択された特定の  $w$  に対応する回転状態の仮

説 ( $r_w$ ,  $\theta_w$ ) のみからステップ S 1 3 3 で推定可能な回転状態は以下の通りである。

(1) 対象物が  $r_w$  に対応する回転軸を中心として回転していること。

(2) 対象物が  $w$  単位時間の間に、 $\Theta_w + 2n\pi$  だけ回転しているか、または  $-\Theta_w + 2n\pi$  だけ回転していること。ただし、 $\Theta_w$  は  $\theta_w$  に対応する回転量を表し、 $\theta_w$  が回転量そのものを表す場合には  $\Theta_w = \theta_w$  である。

[0031] 単位時間当たりの回転量 (フレームあたりの回転量) は、 $(\Theta_w + 2n\pi) / w$  または  $(-\Theta_w + 2n\pi) / w$  と推定できる。また、単位時間当たりの回転量に対応する情報の一例である 1 分当たりの回転数は、 $\{(\Theta_w + 2n\pi) / w\} * fr * 60 / 2\pi$  [rpm] または  $\{(-\Theta_w + 2n\pi) / w\} * fr * 60 / 2\pi$  [rpm] となる。ただし、 $fr$  [fps] は入力映像のフレームレートを表す。例えば、 $fr = 120$  や  $480$  などである。

[0032] また回転状態推定部 1 3 は、選択した特定の  $w$  に対応する回転状態の仮説 ( $r_w$ ,  $\theta_w$ ) に加え、他の補助情報を用いて、対象物の回転状態を推定してもよい。例えば、投げられる可能性のある対象物の回転数の範囲や球種が予め分かっている場合には、それらの情報を補助情報としてもよい。また、ドップラーセンサーなどのセンサを用いて球種、位置、球速などを検出し、その検出結果を補助情報として用いてもよい。また、入力映像内での対象物の位置変化から球種を抽出し、それを補助情報として用いてもよい。

[0033] また、入力映像のフレームレートと対象物の単位時間当たりの回転量との関係によっては、対象物の回転軸に対応する情報が全く得られない場合もある。例えば、図 7 に例示するように、対象物の単位時間  $u$  (フレーム) 当たりの回転量が  $\pi + 2n\pi$  である場合、対象物の回転軸が  $r_z$  である場合の各時刻  $t$ ,  $t + u$ ,  $t + 2u$ ,  $t + 3u$ , ... での対象物画像  $O_t$ ,  $O_{t+u}$ ,  $O_{t+2u}$ ,  $O_{t+3u}$  ... と、対象物の回転軸が  $r_z$  に垂直な  $r_y$  である場合の各時刻  $t$ ,  $t + u$ ,  $t + 2u$ ,  $t + 3u$ , ... での対象物画像  $O_t$ ,  $O_{t+u}$ ,  $O_{t+2u}$ ,  $O_{t+3u}$  ... とがそれぞれ同一になる。このような場合、回転状態推定部 1 3 は、正しい回転軸の方向を推定することができない。そのため、選択された

特定の $w$ に対応する回転状態の仮説 ( $r_w, \theta_w$ ) から得られる単位時間 $u$ 当たりの回転量が $\pi + 2n\pi$ である場合、回転状態推定部13は、対象物の回転状態として対象物の回転軸に対応する情報を推定せず、対象物の回転数に対応する情報のみを推定し、その推定結果を出力してもよい。すなわち、回転状態推定部13は、選択した回転状態の仮説が表す対象物の回転量に対応する情報 $\theta_w$ と $w$ とに基づいて得られる単位時間当たりの回転量が $\pi + 2n\pi$ である場合に、当該単位時間当たりの回転量に対応する情報を含み、対象物の回転軸に対応する情報を含まない情報を対象物の回転状態として得、その推定結果を出力してもよい。言い換えると、回転状態推定部13は、選択した回転状態の仮説が表す対象物の回転量に対応する情報 $\theta_w$ と $w$ とに基づいて得られる単位時間当たりの回転量が $\pi + 2n\pi$ でない場合に、対象物の回転軸に対応する情報を含む情報を対象物の回転状態として得、その推定結果を出力してもよい。あるいは、単位時間 $u$ 当たりの回転量が $\pi + 2n\pi$ である場合、回転状態推定部13が、対象物の回転状態として対象物の回転軸に対応する情報を推定せず、対象物の回転軸に対応する情報の推定が不可能である旨を出力してもよい。

[0034] <本実施形態の特徴>

本実施形態では、回転状態推定部13が、時系列の入力映像から得られた或る時刻 $t$ の対象物の画像である対象物画像 $O_t$ 中の対象物を回転状態の仮説に基づいて $w$ 単位時間だけ回転させた時刻 $t + w \cdot u$ の対象物の画像である対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と、入力映像から得られた時刻 $t + w \cdot u$ の対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とを用い、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ を、複数の回転状態の仮説および複数の $w$ の中から選択することで、対象物の回転状態を推定する。これにより、いずれかの $w$ （例えば $w=1$ ）について対象物画像 $O_t$ 中の対象物を回転状態の仮説に基づいて $w$ 単位時間だけ回転させた対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ を生成することができない場合であっても、その他の $w$ については対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ を生成でき、最適な $w$ を選択することで対象物の回転状態を推定できる。その結果、本実施形態では、入力

映像のフレームレートにかかわらず、対象物の回転状態を推定することができる。

[0035] なお図3では、回転状態推定部13が、 $a \leq w \leq b$ の各 $w$ についてそれぞれ最適な回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ を選択し、それぞれのマッチングスコア $s_w$ を得（ステップS131）、マッチングスコア $s_w$ に基づいて探索範囲 $a \leq w \leq b$ から特定の $w$ を選択し（ステップS132）、選択した $w$ に対応する仮説 $(r_w, \theta_w)$ に基づき、対象物の回転状態を推定する例を示した。しかし、これは本発明を限定するものではなく、回転状態推定部13が、探索範囲 $a \leq w \leq b$ のすべての $w$ についての複数の回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ の中から最適な仮説 $(r_w, \theta_w)$ を選択し、選択した $w$ に対応する仮説 $(r_w, \theta_w)$ に基づき、対象物の回転状態を推定してもよい。すなわち、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とを用い、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ を、複数の回転状態の仮説および複数の $w$ の中から選択することで、対象物の回転状態を推定するのであれば、その処理過程はどのようなものであってもよい。言い換えると、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とが近くなる回転状態の仮説および $w$ を、複数の回転状態の仮説および複数の $w$ の中から選択することで、対象物の回転状態を推定するのであれば、その処理過程はどのようなものであってもよい。なお、対象推定画像の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ とは、例えば、対象推定画像の尤度が何らかの条件下で最大になる回転状態の仮説および $w$ であってもよいし、当該尤度が閾値以上または閾値を超えることとなる回転状態の仮説および $w$ であってもよいし、当該尤度の大きい順の順序が基準となる順位より上位となる回転状態の仮説および $w$ であってもよい。また、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とが近くなる回転状態の仮説および $w$ とは、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ との類似度が何らかの条件下で最大になる回転状態の仮説および $w$ であってもよいし、当該類似度が閾値以上または閾値を超えることとなる回転状態の仮説および $w$ であってもよいし、当該類似度の大きい順の順序が基準となる順位より上位となる回

転状態の仮説および $w$ であってもよい。

[0036] [第1実施形態の変形例1]

一般的な傾向として $w$ の絶対値が大きくなるほど、回転状態の推定精度の向上が期待できる。以下にその理由を説明する。対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とを用い、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ の尤度が高くなる回転状態の仮説を選択することで、対象物の回転状態（例えば、対象物の回転量に対応する情報）を推定する場合の誤差（ノイズ）を $e$ とする。ここで $e$ の大きさは $w$ の絶対値の大きさにさほど依存しないことが想定される。例えば、 $w=1$ の場合も、 $w=12$ の場合も全体としての $e$ はあまり変わらないことが想定される。そのため、 $w$ の値にかかわらず、回転状態の推定当たりの誤差が $e$ であると仮定する。ここで、単位時間 $u$ （1フレーム間）当たりの対象物の真の回転量を $\theta$ とすると、 $w=1$ および $w=12$ として推定された対象物の1分当たりの回転数 $[rpm]$ は、それぞれ以下ようになる。

$w=1$ として推定された場合：

$$(\theta + e) * fr * 60 / 2\pi = \theta * fr * 60 / 2\pi + e * fr * 60 / 2\pi$$

$w=12$ として推定された場合：

$$\{(\theta * 12 + e) / 12\} * fr * 60 / 2\pi = \theta * fr * 60 / 2\pi + (e / 12) * fr * 60 / 2\pi$$

このように、 $w=12$ の場合の単位時間当たりの誤差 $((e / 12) * fr * 60 / 2\pi)$ は、 $w=1$ の場合の単位時間当たりの誤差 $(e * fr * 60 / 2\pi)$ の $1 / 12$ に低減できていることが分かる。一般化すると、 $w=c$ （ただし、 $c$ は $a \leq c \leq b$ を満たす整数であり、 $a < b$ であり $c \neq 0$ である）の場合の単位時間当たりの誤差は、 $w=1$ の場合の単位時間当たりの誤差の約 $1 / |c|$ となると見込まれる。そのため、 $w$ の絶対値が大きくなるほど、回転状態の推定精度の向上が見込まれる。

[0037] そのため、 $w$ の絶対値が大きくなるように探索範囲 $a \leq w \leq b$ を限定してもよい。例えば、 $w$ の絶対値が2以上に制約されてもよい。すなわち、 $w$ の

絶対値を2以上の整数とし、 $u$ を単位時間として、回転状態推定部13が時系列の複数フレームの入力映像から得られた或る時刻 $t$ の対象物の画像である対象物画像中の対象物を回転状態の仮説に基づいて $w$ 単位時間だけ回転させた時刻 $t + w \cdot u$ の対象物の画像である対象推定画像と、前記入力映像から得られた時刻 $t + w \cdot u$ の対象物画像とを用い、前記対象推定画像の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ を複数の回転状態の仮説および絶対値が2以上の複数の $w$ の中から選択することで、前記対象物の回転状態を推定してもよい。これにより、第1実施形態のように $w = 1$ が選択される可能性がある場合に比べ、回転状態の推定精度の向上が見込まれる。

[0038] [第1実施形態の変形例2]

図3に例示するように、回転状態推定部13が事前処理（ステップS130）で対象物の暫定回転量に対応する情報を推定し、その後の回転状態推定処理（ステップS131～S133）で、対象推定画像の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ を複数の回転状態の仮説および暫定回転量に対応する情報に基づく $w$ の探索範囲 $a \leq w \leq b$ の中からそれぞれ選択することで、対象物の回転状態を推定してもよい。

[0039] 回転状態推定処理は、第1実施形態または第1実施形態の変形例1の処理と同一である。暫定回転量に対応する情報とは、例えば、対象物の回転量を表す角度や回転数、所定時間（例えば、1分、1秒、フレーム間隔など）当たりの回転数（例えば、回毎分、回毎秒、回毎フレームなど）などである。以下に事前処理（ステップS130）を例示する。

- ・特許文献1や非特許文献1などに記載された公知の処理。
- ・第1実施形態において $w$ を予め定められた値（例えば、 $w = 1$ ）または範囲に限定した処理。
- ・回転状態推定処理（ステップS131～S133）で用いられる入力映像とフレームレートが異なる入力映像（例えば、回転状態推定処理で用いられる入力映像（例えば、120fps）よりもフレームレートが高い入力映像（例えば、480fps）、または回転状態推定処理で用いられる入力映像

よりもフレームレートが低い入力映像)を用い、第1実施形態に記載された処理を実行する処理。

・回転状態推定処理(ステップS131~S133)で用いられる入力映像とフレームレートが異なる入力映像を用い、さらに $w$ を予め定められた値または範囲に限定して第1実施形態に記載された方法を実行する処理。

[0040] また暫定回転量に対応する情報に基づく $w$ の探索範囲 $a \leq w \leq b$ は、暫定回転量に対応する情報に基づくものであればどのようなものでもよい。例えば、暫定回転量に対応する情報から得られる、対象物が1回転するために必要なフレーム数を $W_{tmp}$ とし、 $W_{tmp}$ を含む範囲を探索範囲 $a \leq w \leq b$ としてもよい。例えば、回転状態推定部13が、暫定回転量に対応する情報から1フレーム間での対象物の回転角 $\theta_r$  [ラジアン]として $W_{tmp} = 2\pi / \theta_r$ を求め、探索範囲 $a \leq w \leq b$ を以下のいずれかのように定めてもよい。ただし、 $N$ は正の整数であり、 $d_1, d_2$ は $d_1 < d_2$ を満たす正の実数(例えば、 $d_1 = 0.7, d_2 = 1.3$ )であり、 $V$ が2以上の整数である。

・ $W_{tmp} - N \leq w \leq W_{tmp} + N$ を探索範囲 $a \leq w \leq b$ とする。

・ $W_{tmp} * d_1 \leq w \leq W_{tmp} * d_2$ を探索範囲 $a \leq w \leq b$ とする。

・実数区分 $CL_1, \dots, CL_V$ のそれぞれの実数区分 $CL_v$ (ただし $v = 1, \dots, V$ )に対して $(a, b) = (a_v, b_v)$ が定められ、 $W_{tmp}$ が属する実数区分 $CL_i$ (ただし $i \in \{1, \dots, V\}$ )に対応する $a_i \leq w \leq b_i$ を $w$ の探索範囲 $a \leq w \leq b$ とする。

[0041] [第2実施形態]

第1実施形態およびその変形例1, 2の手法は、時刻 $t$ の対象物画像 $O_t$ 中の対象物を回転状態の仮説に基づいて $w$ 単位時間だけ回転させた時刻 $t + w \cdot u$ の対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と、時刻 $t + w \cdot u$ の対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とを用い、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ を選択することで、対象物の回転状態を推定するものであった。すなわち、或る時刻 $t$ の対象物画像 $O_t$ と時刻 $t + w \cdot u$ の対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ との2つの画像に基づき、対象物の回転状態を推定するものであった。これに対し、この処理

を複数の時刻  $t_1, t_2, \dots, t_K$  の対象物画像  $O_{t_1}, O_{t_1}, \dots, O_{t_K}$  と、複数の時刻  $t_1 + w \cdot u, t_2 + w \cdot u, \dots, t_K + w \cdot u$  の対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  の  $2K$  個の画像に基づき、対象物の回転状態を推定してもよい。ただし、 $K$  は 2 以上の整数である。例えば、 $t_1 \neq t_2 \neq \dots \neq t_K$  であり、 $t_{k+1} = t_k + u$  である。なお、下付き添え字の「 $t_\alpha$ 」（ただし、 $\alpha = 1, \dots, K$ ）は本来「 $t_\alpha$ 」と表記すべきであるが、記載表記の制約上、「 $t_\alpha$ 」と表記している。

[0042] すなわち、回転状態推定部 13 は、 $K$  を 2 以上の整数として、入力映像から得られた時刻  $t_1, t_2, \dots, t_K$  の対象物画像  $O_{t_1}, O_{t_1}, \dots, O_{t_K}$  中の対象物を回転状態の仮説に基づいて  $w$  単位時間だけ回転させた時刻  $t_1 + w \cdot u, t_2 + w \cdot u, \dots, t_K + w \cdot u$  の対象物の画像である対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  と、入力映像から得られた時刻  $t_1 + w \cdot u, t_2 + w \cdot u, \dots, t_K + w \cdot u$  の対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  とを用い、対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  の尤度が高くなる回転状態の仮説および  $w$  を複数の回転状態の仮説および複数の  $w$  の中からそれぞれ選択することで、対象物の回転状態を推定してもよい。

[0043] 言い換えると、回転状態推定部 13 は、対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  と対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  とを用い、対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  と対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  とが近くなる回転状態の仮説および  $w$  を、複数の回転状態の仮説および複数の  $w$  の中から選択することで、対象物の回転状態を推定してもよい。

[0044] このように対象物画像  $O_{t_1}, O_{t_1}, \dots, O_{t_K}$  と対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  の  $2K$  個の画像に基づき、対象物の回転状態を推定することで、2つの画像に基づいて対象物の回転状態を推定するよりも、画像中に表れた対象物の特徴のばらつきの影響を低減させ、推定精度を向上させることができる。

[0045] 図 1 に例示するように、本実施形態の回転状態推定装置 2 は、例えば対象

物画像生成部 11 および回転状態推定部 23 を有する。図 2 に例示するように、本実施形態の回転状態推定方法は、例えば、回転状態推定装置 1 の各構成部が、以下に説明するステップ S 11 および S 23 の処理を行うことで実現される。以下、詳細に説明する。

[0046] <対象物画像生成部 11 (ステップ S 11)>

対象物画像生成部 11 によるステップ S 11 の処理は第 1 実施形態のものと同一である。ただし、ステップ S 11 で生成された対象物画像は、回転状態推定部 23 に出力される。

[0047] <回転状態推定部 23 (ステップ S 23)>

回転状態推定部 23 には、対象物画像生成部 11 で生成された対象物画像が入力される。回転状態推定部 23 は、上述のように入力映像から得られた時刻  $t_1, t_2, \dots, t_K$  の対象物画像  $O_{t_1}, O_{t_1}, \dots, O_{t_K}$  中の対象物を回転状態の仮説に基づいて  $w$  単位時間だけ回転させた時刻  $t_1 + w \cdot u, t_2 + w \cdot u, \dots, t_K + w \cdot u$  の対象物の画像である対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  と、入力映像から得られた時刻  $t_1 + w \cdot u, t_2 + w \cdot u, \dots, t_K + w \cdot u$  の対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  とを用い、対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  の尤度が高くなる回転状態の仮説および  $w$  を複数の回転状態の仮説および複数の  $w$  の中からそれぞれ選択することで、対象物の回転状態を推定し、その推定結果を出力する。図 8 に  $w = 7$  の場合の対象物画像  $O_{t_1}, O_{t_1}, \dots, O_{t_K}$  と対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  との関係为例示し、図 9 に  $w = 12$  の場合の対象物画像  $O_{t_1}, O_{t_1}, \dots, O_{t_K}$  と対象物画像  $O_{t_1 + w \cdot u}, O_{t_2 + w \cdot u}, \dots, O_{t_K + w \cdot u}$  との関係为例示する。ただし、図 8 および図 9 では  $t_{k+w} = t_k + w \cdot u$  (ただし  $k = 1, \dots, K$ ) である。ステップ S 23 のステップ S 13 との相違点は、ステップ S 13 の対象推定画像  $E_{t+w \cdot u}$  の尤度が対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  の尤度に置換された点である。対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  の尤度の例は、対象推定画像  $E_{t_1 + w \cdot u}, E_{t_2 + w \cdot u}, \dots, E_{t_K + w \cdot u}$  の尤度の合計値、平均値、最大値、最小値

などである。言い換えると、ステップS 1 3では対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t+w \cdot u}$ とが近くなる回転状態の仮説および $w$ を選択することで対象物の回転状態を推定していたが、ステップS 2 3では対象推定画像 $E_{t1+w \cdot u}$ ,  $E_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $E_{tK+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t1+w \cdot u}$ ,  $O_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $O_{tK+w \cdot u}$ とが近くなる回転状態の仮説および $w$ を選択することで対象物の回転状態を推定する。対象推定画像 $E_{t1+w \cdot u}$ ,  $E_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $E_{tK+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t1+w \cdot u}$ ,  $O_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $O_{tK+w \cdot u}$ とが近くなるとは、対象推定画像 $E_{tk+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{tk+w \cdot u}$ （ただし $k = 1, \dots, K$ ）の類似度の合計値、平均値、最大値、最小値などが何らかの条件下で最大になることであってもよいし、閾値以上または閾値を超えることであってもよいし、当該類似度の合計値、平均値、最大値、最小値などの大きい順の順序が基準となる順位より上位となることであってもよい。例えば、回転状態推定部2 3は、 $w$ の探索範囲 $a \leq w \leq b$ に属する各 $w$ について、対象推定画像 $E_{t1+w \cdot u}$ ,  $E_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $E_{tK+w \cdot u}$ と対象物画像 $O_{t1+w \cdot u}$ ,  $O_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $O_{tK+w \cdot u}$ とを用い、対象推定画像 $E_{t+w \cdot u}$ の尤度が高くなる回転状態の仮説 $(r_w, \theta_w)$ を複数の回転状態の仮説 $(r, \theta)$ の中から選択し、それぞれのマッチングスコア $s_w$ を得る（ステップS 2 3 1）。その後、回転状態推定部2 3は、第1実施形態で説明したステップS 1 3 2およびS 1 3 3の処理を実行する。その他は第1実施形態と同じである。

[0048] <本実施形態の特徴>

本実施形態でも、第1実施形態と同様、入力映像のフレームレートにかかわらず、対象物の回転状態を推定することができる。さらに、本実施形態では、対象物画像 $O_{t1}$ ,  $O_{t1}$ ,  $\dots$ ,  $O_{tK}$ と対象物画像 $O_{t1+w \cdot u}$ ,  $O_{t2+w \cdot u}$ ,  $\dots$ ,  $O_{tK+w \cdot u}$ の $2K$ 個の画像に基づき、対象物の回転状態を推定することで、2つの画像に基づいて対象物の回転状態を推定するよりも推定精度を向上させることができる。

[0049] [第2実施形態の変形例1]

第1実施形態の変形例1と同様、第2実施形態において、 $w$ の絶対値が大

きくなるように探索範囲  $a \leq w \leq b$  が限定されてもよい。例えば、 $w$  の絶対値が 2 以上に制約されてもよい。

[0050]      [第 2 実施形態の変形例 2]

第 1 実施形態の変形例 2 と同様、第 2 実施形態において、回転状態推定部 23 が、事前処理（ステップ S130）で対象物の暫定回転量に対応する情報を推定し、その後の回転状態推定処理（ステップ S231, S132, S133）で、対象推定画像の尤度が高くなる回転状態の仮説および  $w$  を複数の回転状態の仮説および暫定回転量に対応する情報に基づく  $w$  の探索範囲  $a \leq w \leq b$  の中からそれぞれ選択することで、対象物の回転状態を推定してもよい。

[0051]      [第 3 実施形態]

図 10 に時系列の対象物画像  $O_{t1}$ ,  $O_{t2}$ ,  $O_{t3}$ ,  $O_{t4}$ ,  $O_{t5}$ ,  $\dots$  を例示する。なお、図 10 の直線の矢印は時間の流れを表す。図 10 に例示するように、対象物に太陽光などの強い光が当たる場合、対象物画像  $O_{t1}$ ,  $O_{t2}$ ,  $O_{t3}$ ,  $O_{t4}$ ,  $O_{t5}$ ,  $\dots$  の光が直接当たっている部分  $q_{t1}$ ,  $q_{t2}$ ,  $q_{t3}$ ,  $q_{t4}$ ,  $q_{t5}$ ,  $\dots$  と影になる部分  $p_{t1}$ ,  $p_{t2}$ ,  $p_{t3}$ ,  $p_{t4}$ ,  $p_{t5}$ ,  $\dots$  とでは、画素値（輝度）が大きく異なる。このような場合、対象物が本来持つテクスチャ（例えば、ボールの縫い目など）に基づいて対象物の回転状態を推定することが非常に困難になる。そのため、エッジ抽出などの対象物の特徴を抽出する処理を行い、対象物の特徴が抽出された対象物画像を用いて回転状態の推定を行うことが考えられる。

[0052]      しかしながら、このような場合にエッジ抽出などの対象物の特徴を抽出する処理を行うと、光が直接当たっている部分と影になる部分との境界部分の特徴が抽出されてしまい、対象物の回転状態を正しく推定できない場合がある。例えば、図 11 A に例示する対象物画像  $O_t$  のエッジ抽出を行うと、図 11 B のようなエッジ領域  $E_t$  を表す対象物画像  $O_t$  が得られる。図 11 A および図 11 B に例示するように、エッジ領域  $E_t$  は対象物（ボール）やそれが本来持つテクスチャ（例えば、ボールの縫い目など）のエッジの特徴だけでは

なく、光が直接当たっている部分  $q_t$  と影になる部分  $p_t$  との境界部分  $e_t$  の特徴までも表していることがわかる。図 10 にも例示したように、対象物画像  $O_{t1}, O_{t2}, O_{t3}, O_{t4}, O_{t5}, \dots$  の影になる部分  $p_{t1}, p_{t2}, p_{t3}, p_{t4}, p_{t5}, \dots$  は時間の経過によってほとんど変化せず、境界部分  $e_{t1}, e_{t2}, e_{t3}, e_{t4}, e_{t5}, \dots$  も時間の経過によってほとんど変化しない。そのため、図 11 B のようなエッジ領域  $E_t$  を表す対象物画像  $O_t$  から回転状態を推定すると、図 11 C のように境界部分  $e_t$  に沿って対象物が回転していると推定してしまい、当該対象物が境界部分  $e_t$  と垂直な回転軸  $r$  を中心として回転量  $\theta$  で回転していると誤って推定してしまう場合がある。

[0053] これについて、公知の画像処理技術によって対象物画像から影を除去する方法も考えられるが、太陽の位置や天候などが異なる様々な環境で撮影された入力映像に基づいて得られた対象物画像において影か否かの判断を適切に行うことは困難であり、十分に影を除去できない場合も多い。また、対象物画像のうち予め設定された固定領域の画素を回転状態の推定に用いないという方法も考えられる。しかしながら、影や境界部分の位置は太陽の位置などの環境によって異なり、様々な環境で撮影された入力映像に基づいて得られた対象物画像において適切な固定領域を設定することはできない。

[0054] そこで本実施形態では、回転状態推定装置が、時系列の複数フレームの入力映像から得られる対象物に対応する画像から複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、対象物の回転状態を推定する。対象物に対応する画像とは、対象物の画像であってもよいし、対象物の特徴を抽出して得られた画像であってもよい。対象物の特徴を抽出して得られた画像の例は、対象物のエッジ抽出を行って得られる画像である。対象物のエッジ抽出を行って得られる画像の例は、対象物のエッジ領域の画素値を  $p_{i \times 1}$ （例えば、黒を表す画素値）とし、エッジ領域以外の画素値を  $p_{i \times 2}$ （例えば、白を表す画素値）とした画像である。好ましくは、入力映像から対象物の特徴を抽出して得られた画像から、複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、対象物

の回転状態を推定する。前述のように撮影環境によって影や境界部分の位置は異なるが、図10に例示したように、同じ入力映像から得られる対象物の画像の影や境界部分の位置はほとんど変化しない。一方、対象物が本来持つテクスチャ（例えば、ボールの縫い目など）は対象物の回転に応じて変化する。そのため、複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用いて回転状態の推定を行うことで、影や境界部分による影響を自動的に低減させることができる。なお、除外される「複数フレームに共通する領域の少なくとも一部」は、複数フレームに共通する領域のすべてであってもよいし、その一部であってもよいが、前者のほうが好ましい。また、「複数フレームに共通する領域の少なくとも一部」を除外するのであれば、これと他の領域とを含む領域が除外されてもよい。すなわち、「複数フレームに共通する領域の少なくとも一部」を含む領域が除外されればよい。以下、詳細に説明する。

[0055] 図1に例示するように、本実施形態の回転状態推定装置3は、例えば対象物画像生成部11、影領域除外部32、および回転状態推定部13（または回転状態推定部23）を有する。図2に例示するように、本実施形態の回転状態推定方法は、例えば、回転状態推定装置3の各構成部が、以下に説明するステップS11、S32、およびS13（またはS23）の処理を行うことで実現される。

[0056] <対象物画像生成部11（ステップS11）>

対象物画像生成部11によるステップS11の処理は第1実施形態のものと同一である。ただし、ステップS11で生成された対象物画像は、影領域除外部32に出力される。

[0057] <影領域除外部32（ステップS32）>

影領域除外部32には、対象物画像生成部11から出力された対象物画像が入力される。前述のように、当該対象物画像は、入力映像から切り出された画像であってもよいし、さらに対象物の特徴を抽出して得られた画像であってもよい。影領域除外部32は、入力された対象物画像（時系列の複数フ

レームの入力映像から得られる対象物に対応する画像) から、複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を得て出力する。

[0058] 図12にステップS32の処理を例示する。

図12に例示するように、影領域除外部32は、入力された複数フレームの対象物画像から複数フレームに共通する領域を抽出する(ステップS321)。複数フレームに共通する領域の例は、複数フレームで画素値(または輝度値)が同一となっている画素からなる領域、複数フレームで画素値(または輝度値)の相違が閾値以下となっている画素からなる領域、このような画素を含む領域などである。

[0059] 次に影領域除外部32は、抽出した複数フレームに共通する領域の少なくとも一部(以下、「除去領域」という)を含む領域の情報を除外するためのマスク $m$ を生成する(ステップS322)。例えば、影領域除外部32は、除去領域の画素値が $p_i \times 3$ (例えば、 $p_i \times 3 = 0$ )であり、除去領域以外の領域の画素値が $p_i \times 4$ (例えば、 $p_i \times 4 = 1$ )となる画像をマスク $m$ として生成する。あるいは、除去領域と除去領域以外との境界付近において、座標の変化に応じた画素値の変化が連続的(滑らか)になるように、 $p_i \times 3$ および $p_i \times 4$ が設定されてもよい。図13B、図13D、図13Fに、図13A、図13C、図13Eに記載された対象物画像 $O_t$ に対応するマスク $m$ をそれぞれ例示する。図13B、図13D、図13Fに例示したマスク $m$ は、それぞれ光が直接当たっている部分 $q_t$ と影になる部分 $p_t$ との境界部分 $e_t$ の領域および対象物の輪郭領域を表す画像である。

[0060] 次に影領域除外部32は、ステップS322で得られたマスク $m$ を、ステップS321で入力された対象物画像に適用し、入力された対象物画像から、除去領域を除外して得られる対象物画像を得て出力する(ステップS323)。例えば、影領域除外部32は、マスク $m$ の各座標( $x$ ,  $y$ )の画素値をステップS321で入力された対象物画像(例えば、対象物の特徴を抽出して得られた画像)の当該各座標( $x$ ,  $y$ )の画素値に乗じて得られる値を当

該各座標（ $x$ ， $y$ ）の画素値とした対象物画像を得て出力する。

[0061] 影領域除外部 3 2 が生成した除外領域が除外して得られる対象物画像は回転状態推定部 1 3（または回転状態推定部 2 3）に対して出力される。

[0062] <回転状態推定部 1 3 または 2 3（ステップ S 1 3 または S 2 3）>

この処理は、影領域除外部 3 2 から出力された対象物画像が用いられる以外、第 1 実施形態、第 2 実施形態、またはその変形例と同じである。

[0063] <本実施形態の特徴>

本実施形態でも、第 1 実施形態と同様、入力映像のフレームレートにかかわらず、対象物の回転状態を推定することができる。さらに、本実施形態では、時系列の複数フレームの入力映像から得られる対象物に対応する画像から前記複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、対象物の回転状態を推定する。そのため、対象物に表れる影や境界領域の影響を低減させ、対象物の回転状態の推定精度を向上させることができる。

[0064] なお、対象物に影が現われていない場合であっても、対象物の回転状態の推定精度を低下させることはほとんどない。図 1 4 A に対象物に影が現われていない場合のマスク  $m$  を例示する。図 1 4 A に例示するように、図 1 4 A に対象物に影が現われていない場合、マスク  $m$  は対象物の輪郭領域を除外するものとなる。このようなマスク  $m$  を適用しても、対象物の回転推定に必要な対象物本来のテクスチャ（例えば、ボールの縫い目など）にはほとんど影響を与えず、回転状態の推定精度を低下させることはほとんどない。

[0065] また、対象物が回転しても、当該対象物の回転軸の軸心部分の像は大きく変化しない。そのため、軸心部分が除去領域に含まれてしまう場合もある。しかし、このような場合であっても、軸心部分の領域は小さいため、対象物の回転状態の推定精度を低下させることはほとんどない。図 1 4 B に対象物に影が現われていないが、軸心部分が除去領域に含まれた場合のマスク  $m$  を例示する。図 1 4 B に例示するマスク  $m$  は、対象物の輪郭領域および軸心部分  $m_a$  を除外するものとなる。しかし、このようなマスク  $m$  を適用しても、対

象物の回転推定に必要な対象物本来のテクスチャにはほとんど影響を与えず、回転状態の推定精度を低下させることはほとんどない。

[0066]     [ハードウェア構成]

各実施形態における回転状態推定装置 1, 2, 3 は、例えば、CPU (central processing unit) 等のプロセッサ (ハードウェア・プロセッサ) や RAM (random-access memory) ・ ROM (read-only memory) 等のメモリ等を備える汎用または専用のコンピュータが所定のプログラムを実行することで構成される装置である。このコンピュータは 1 個のプロセッサやメモリを備えていてもよいし、複数個のプロセッサやメモリを備えていてもよい。このプログラムはコンピュータにインストールされてもよいし、予め ROM 等に記録されていてもよい。また、CPU のようにプログラムが読み込まれることで機能構成を実現する電子回路 (circuitry) ではなく、単独で処理機能を実現する電子回路を用いて一部またはすべての処理部が構成されてもよい。また、1 個の装置を構成する電子回路が複数の CPU を含んでいてもよい。

[0067]     図 15 は、各実施形態における回転状態推定装置 1, 2, 3 のハードウェア構成を例示したブロック図である。図 15 に例示するように、この例の回転状態推定装置 1, 2, 3 は、CPU (Central Processing Unit) 10a、入力部 10b、出力部 10c、RAM (Random Access Memory) 10d、ROM (Read Only Memory) 10e、補助記憶装置 10f およびバス 10g を有している。この例の CPU 10a は、制御部 10aa、演算部 10ab およびレジスタ 10ac を有し、レジスタ 10ac に読み込まれた各種プログラムに従って様々な演算処理を実行する。また、入力部 10b は、データが入力される入力端子、キーボード、マウス、タッチパネル等である。また、出力部 10c は、データが出力される出力端子、ディスプレイ、所定のプログラムを読み込んだ CPU 10a によって制御される LAN カード等である。また、RAM 10d は、SRAM (Static Random Access Memory)、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 等であり、所定のプログラムが格納さ

れるプログラム領域 10 d a および各種データが格納されるデータ領域 10 d b を有している。また、補助記憶装置 10 f は、例えば、ハードディスク、MO (Magneto-Optical disc)、半導体メモリ等であり、所定のプログラムが格納されるプログラム領域 10 f a および各種データが格納されるデータ領域 10 f b を有している。また、バス 10 g は、CPU 10 a、入力部 10 b、出力部 10 c、RAM 10 d、ROM 10 e および補助記憶装置 10 f を、情報のやり取りが可能ないように接続する。CPU 10 a は、読み込まれた OS (Operating System) プログラムに従い、補助記憶装置 10 f のプログラム領域 10 f a に格納されているプログラムを RAM 10 d のプログラム領域 10 d a に書き込む。同様に CPU 10 a は、補助記憶装置 10 f のデータ領域 10 f b に格納されている各種データを、RAM 10 d のデータ領域 10 d b に書き込む。そして、このプログラムやデータが書き込まれた RAM 10 d 上のアドレスが CPU 10 a のレジスタ 10 a c に格納される。CPU 10 a の制御部 10 a a は、レジスタ 10 a c に格納されたこれらのアドレスを順次読み出し、読み出したアドレスが示す RAM 10 d 上の領域からプログラムやデータを読み出し、そのプログラムが示す演算を演算部 10 a b に順次実行させ、その演算結果をレジスタ 10 a c に格納していく。このような構成により、回転状態推定装置 1, 2, 3 の機能構成が実現される。

[0068] 上述のプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体の例は非一時的な (non-transitory) 記録媒体である。このような記録媒体の例は、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等である。

[0069] このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録した DVD、CD-ROM 等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成として

もよい。上述のように、このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶装置に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP（Application Service Provider）型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの（コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等）を含むものとする。

[0070] 各実施形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、本装置を構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

[0071] [その他の変形例]

なお、本発明は上述の実施形態に限定されるものではない。例えば、上述の各種の処理は、記載に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的にあるいは個別に実行されてもよい。その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

## 符号の説明

[0072] 1, 2, 3 回転状態推定装置

11 対象物画像生成部

3 2 影領域除外部

1 3, 2 3 回転状態推定部

## 請求の範囲

- [請求項1] 時系列の複数フレームの入力映像から得られる対象物に対応する画像から前記複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、前記対象物の回転状態を推定する回転状態推定部を含む、回転状態推定装置。
- [請求項2] 請求項1の回転状態推定装置であって、  
前記対象物画像は、前記入力映像から得られる対象物の特徴を抽出した画像から、複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる画像である、回転状態推定装置。
- [請求項3] 請求項1または2の回転状態推定装置であって、  
 $w$ の絶対値を1以上の整数とし、 $u$ を単位時間として、時刻 $t$ の前記対象物画像中の対象物を回転状態の仮説に基づいて $w$ 単位時間だけ回転させた時刻 $t + w \cdot u$ の対象物の画像である対象推定画像と、時刻 $t + w \cdot u$ の前記対象物画像とを用い、前記対象推定画像の尤度が高くなる回転状態の仮説を複数の回転状態の仮説の中から選択することで、前記対象物の回転状態を推定する回転状態推定部を含む、回転状態推定装置。
- [請求項4] 請求項3の回転状態推定装置であって、  
前記回転状態推定部は、前記対象推定画像の尤度が高くなる回転状態の仮説および $w$ を、複数の回転状態の仮説および複数の $w$ の中から選択することで、前記対象物の回転状態を推定する、回転状態推定装置。
- [請求項5] 時系列の複数フレームの入力映像から得られる対象物に対応する画像から前記複数フレームに共通する領域の少なくとも一部を除外して得られる対象物画像を用い、前記対象物の回転状態を推定する回転状態推定ステップを含む、回転状態推定方法。
- [請求項6] 請求項1から4のいずれかの回転状態推定装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

[図1]

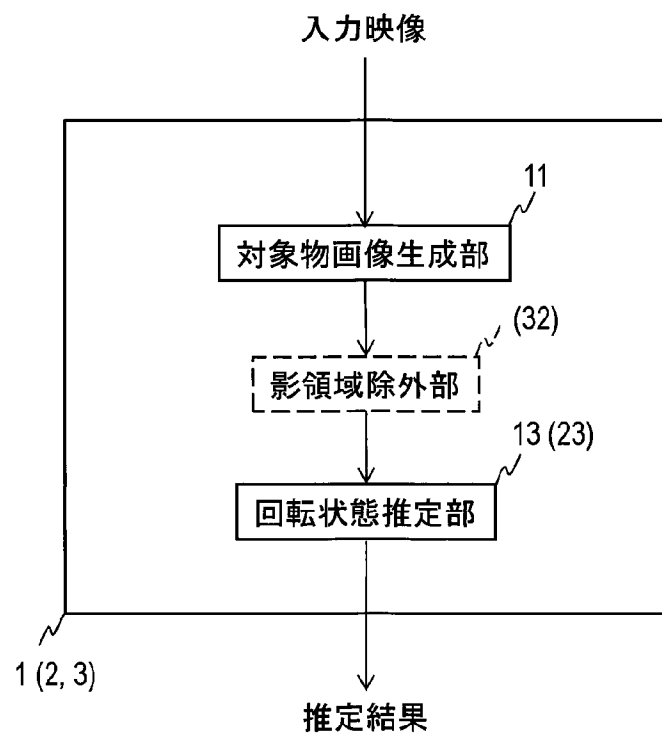


図 1

[図2]

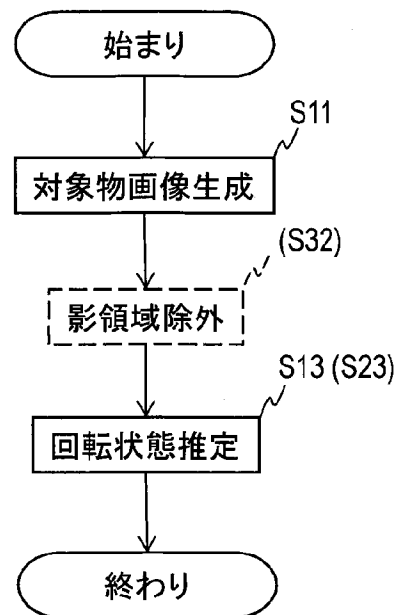


図2

[図3]

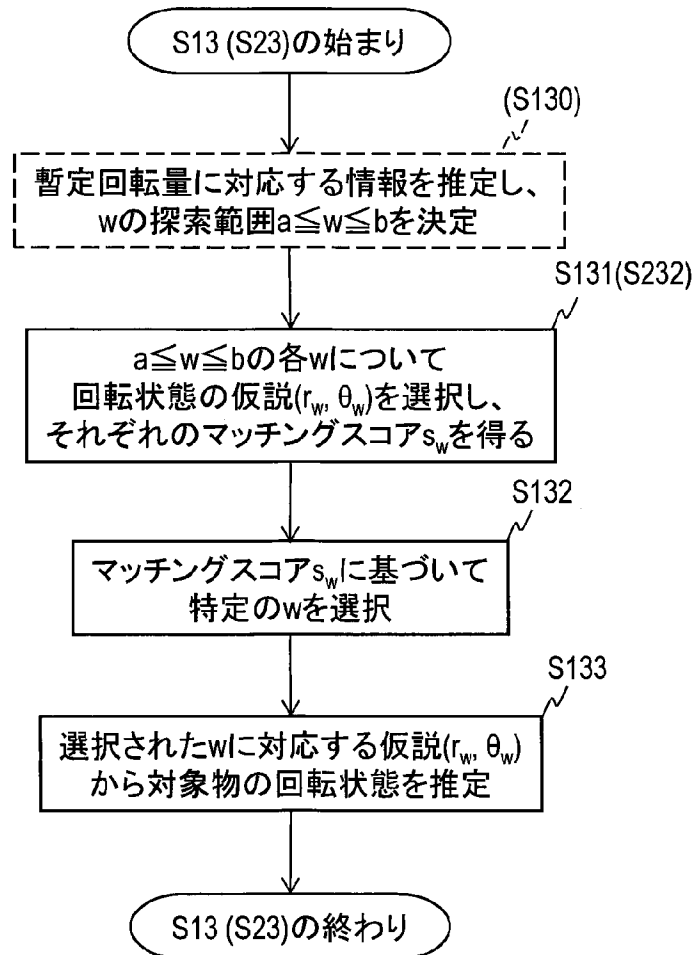
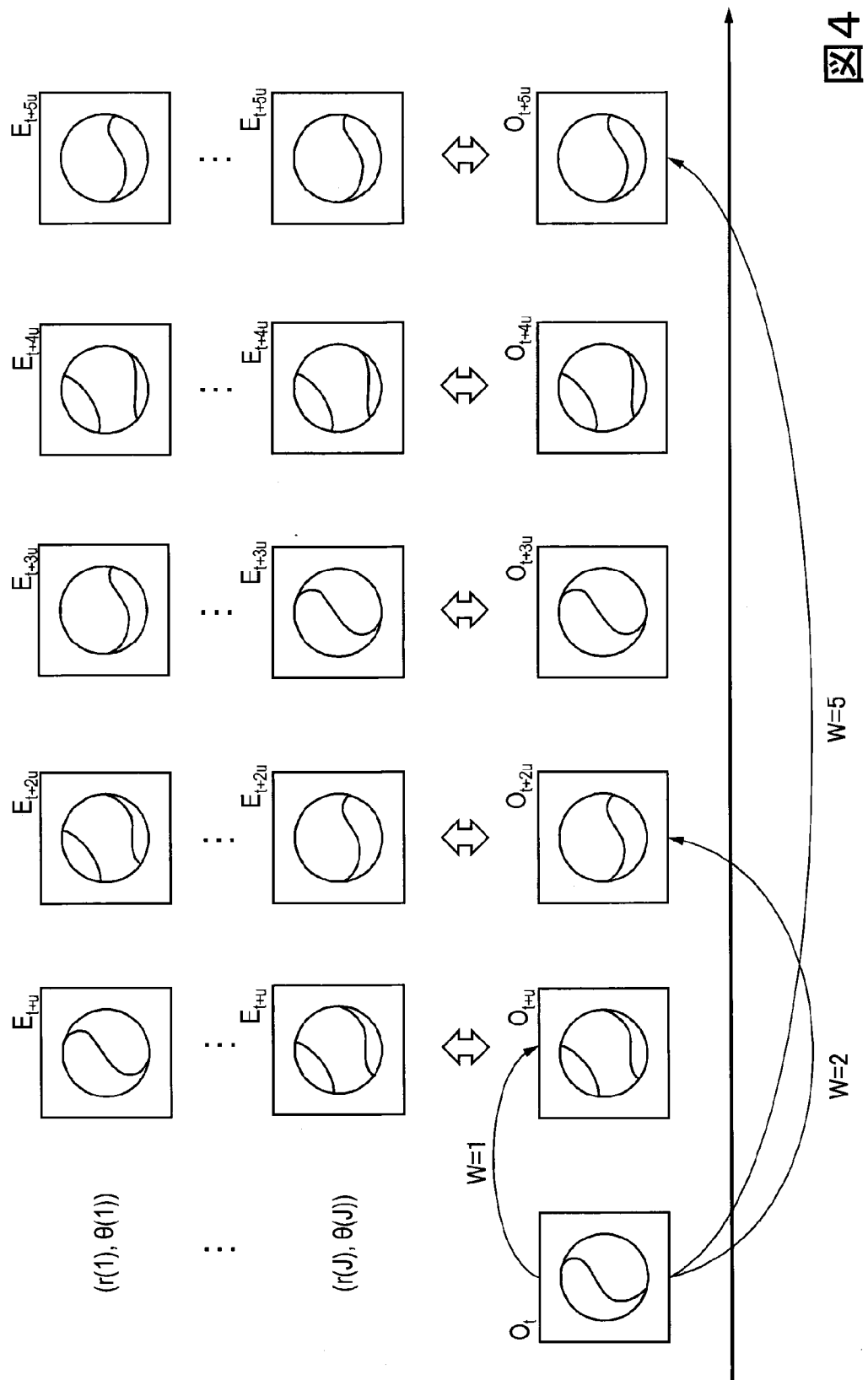
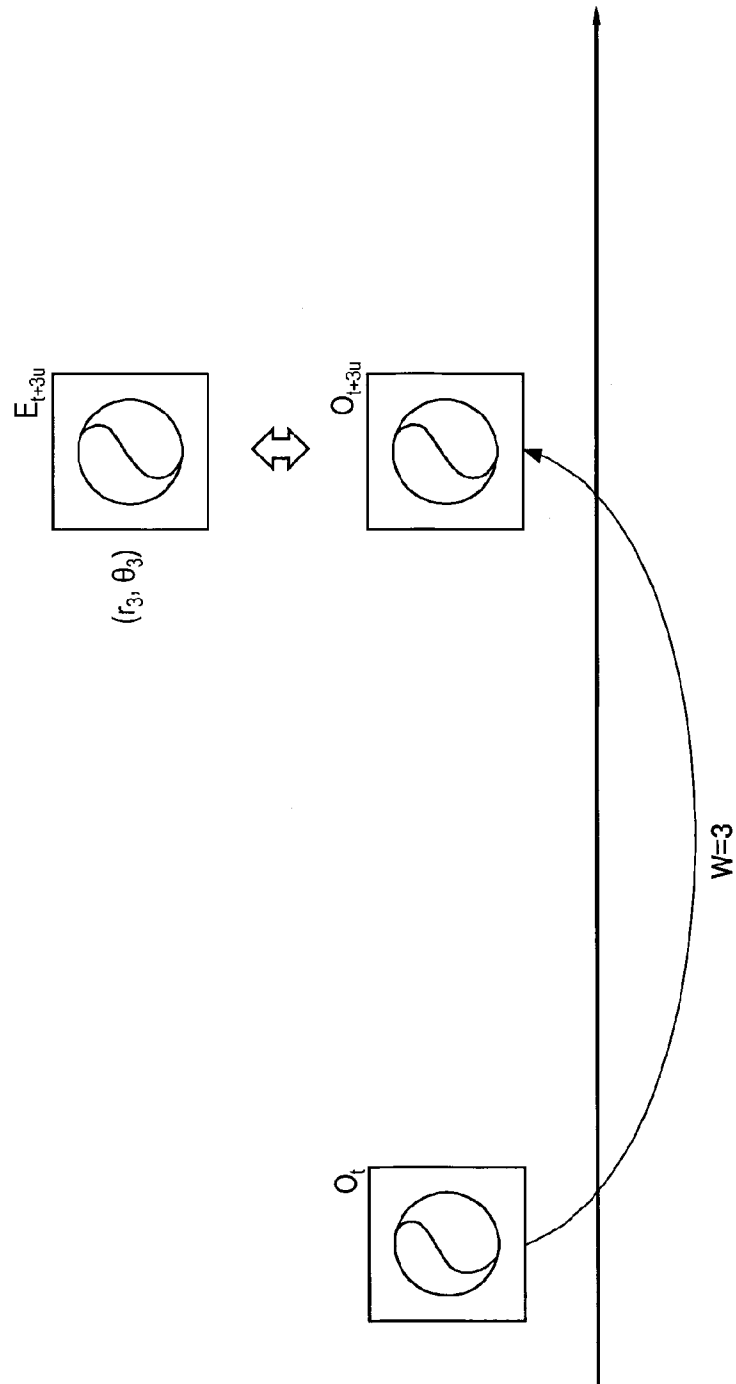


図3

[図4]



[図5]



[図5]

[図6]

図6A

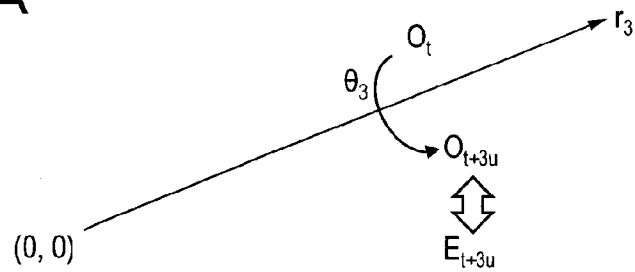


図6B

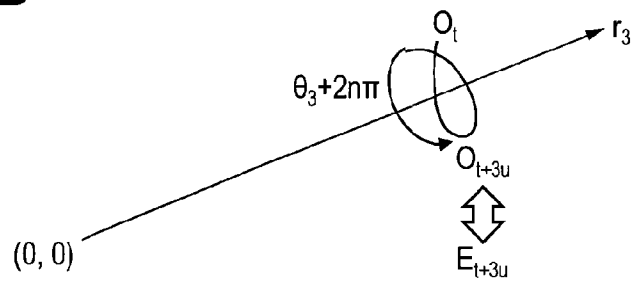
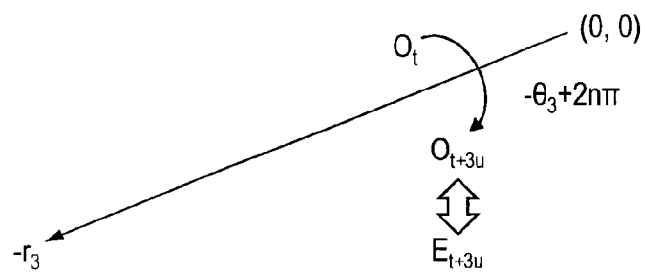
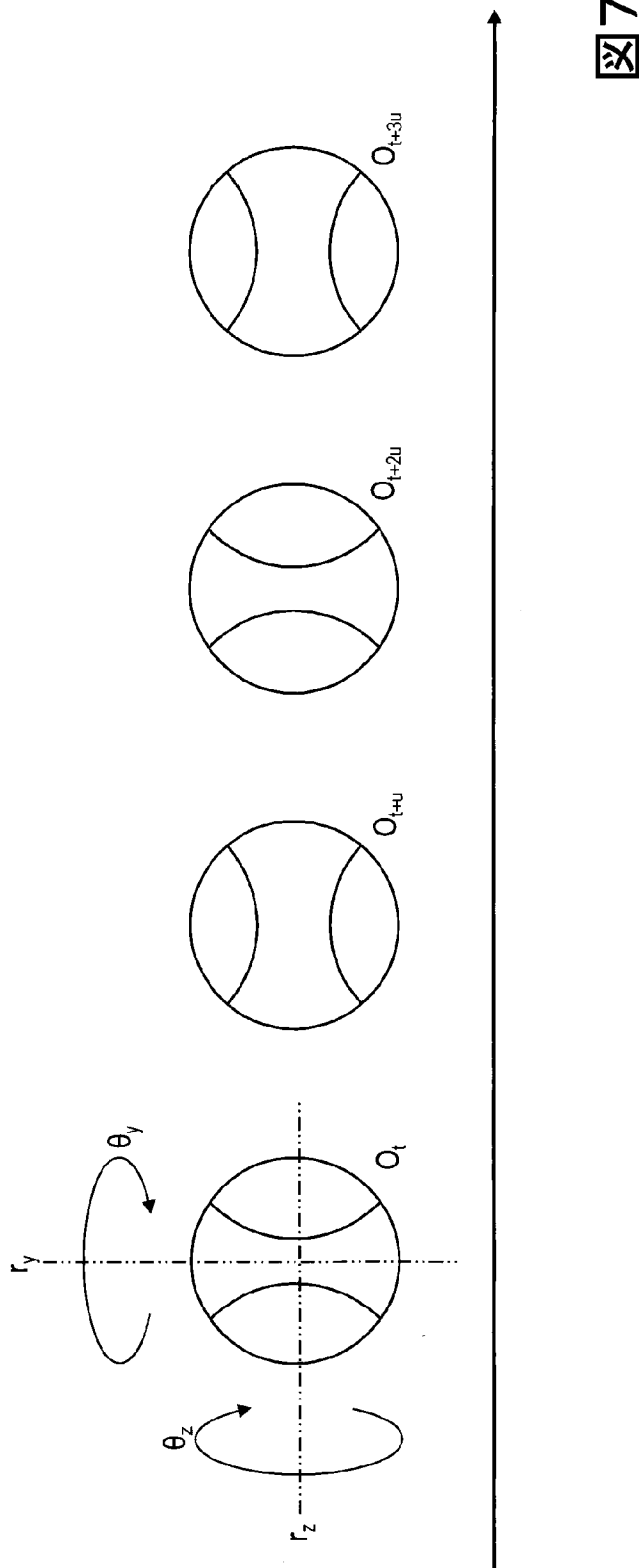


図6C



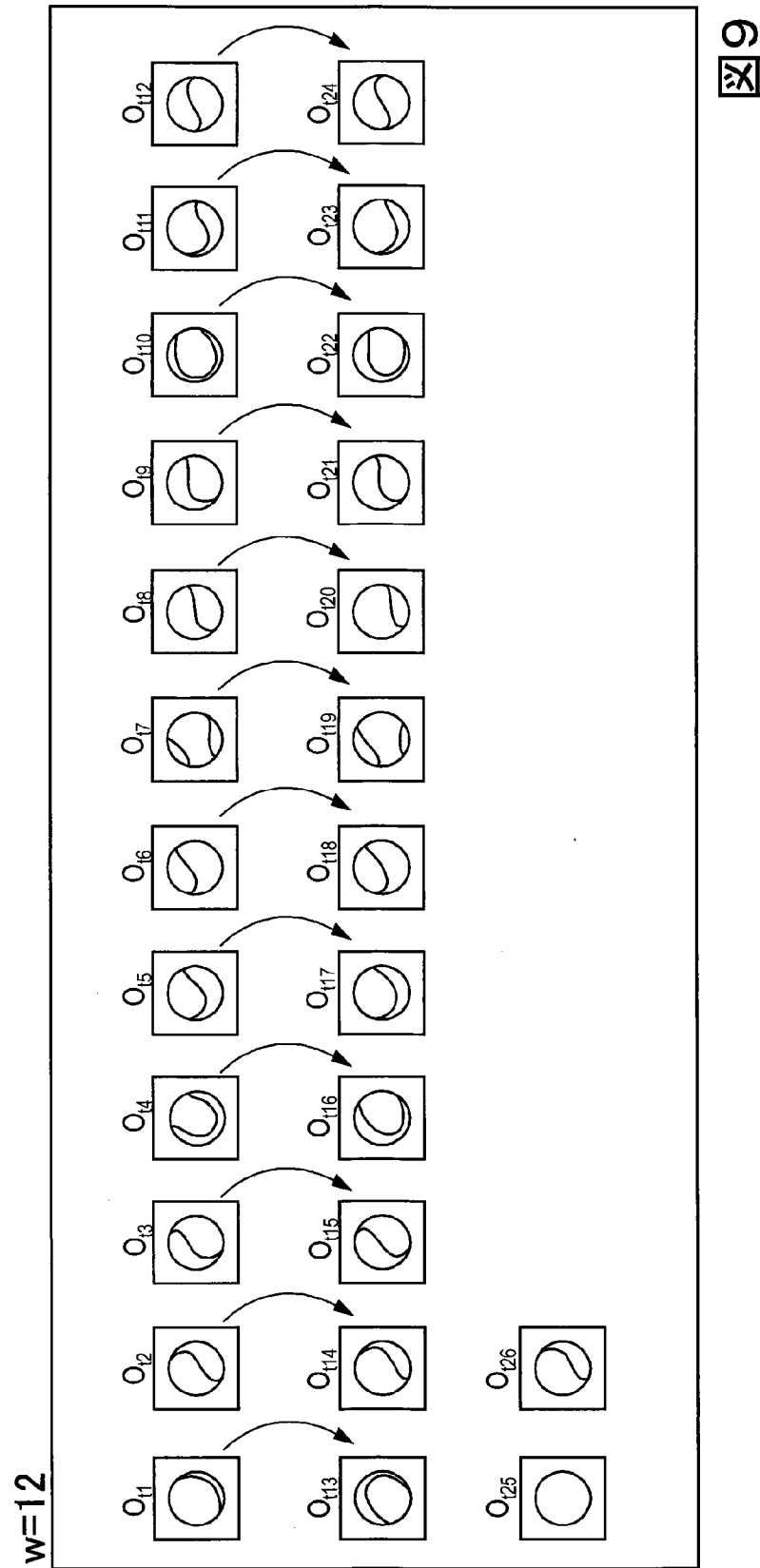
[図7]



[図7]

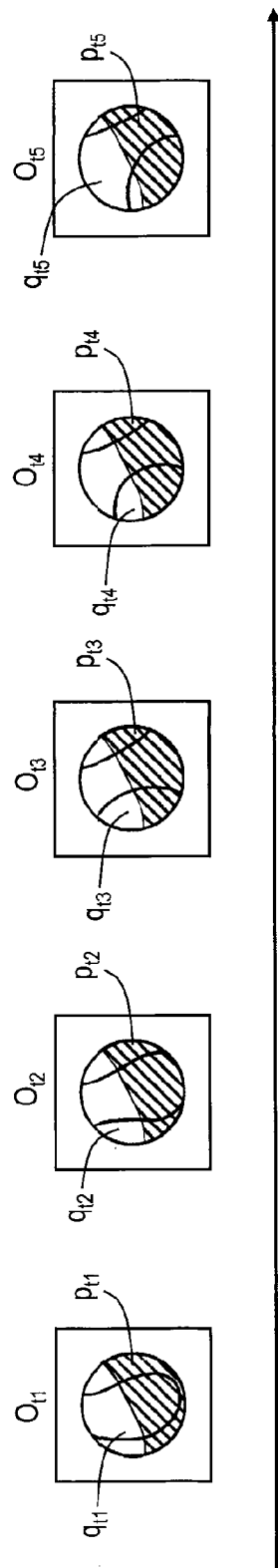


[図9]



[図9]

[図10]



[図10]

[図11]

図11A

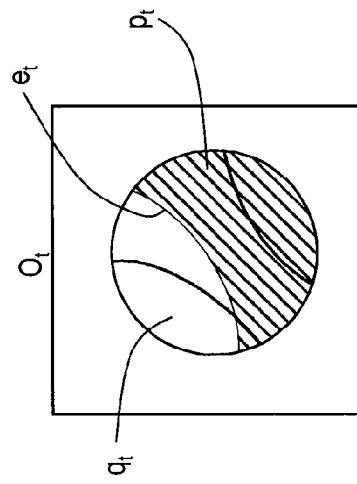
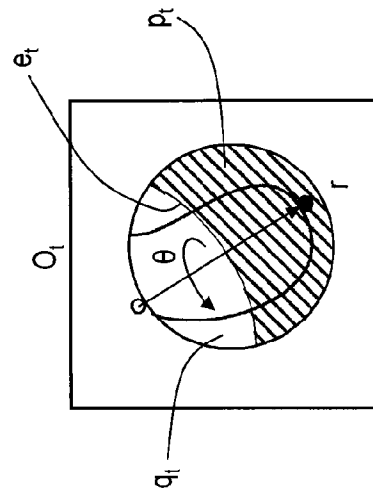


図11B



図11C



[図12]

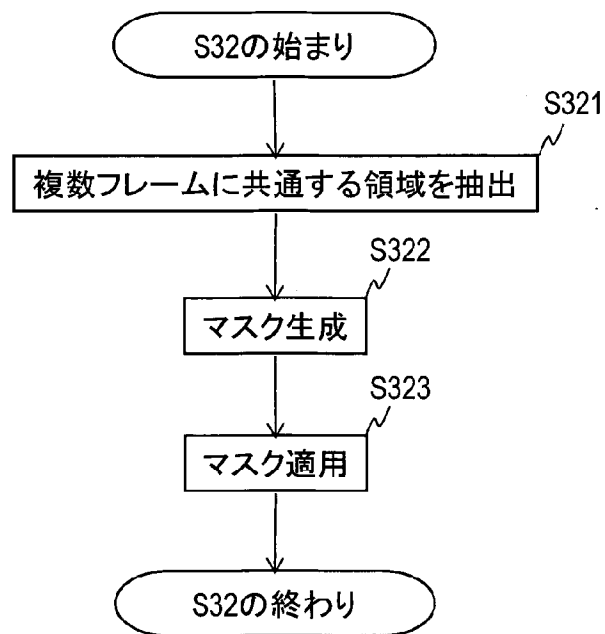


図12

[図13]

図13A

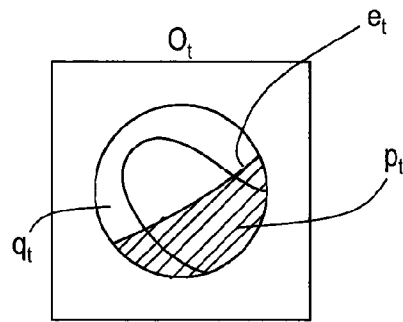


図13B

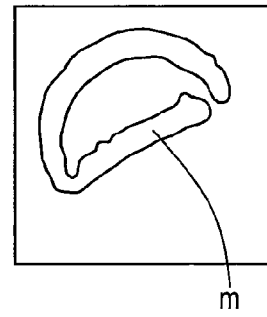


図13C

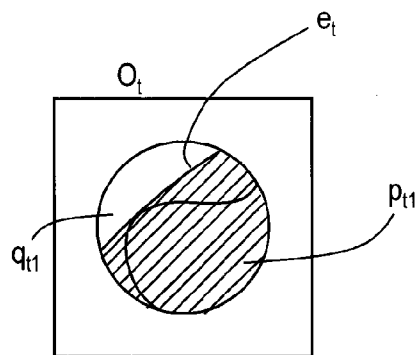


図13D

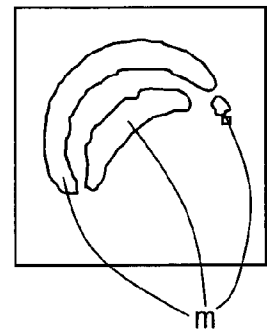


図13E

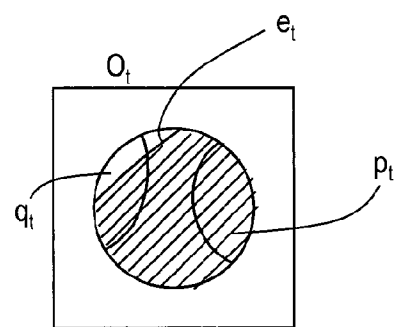
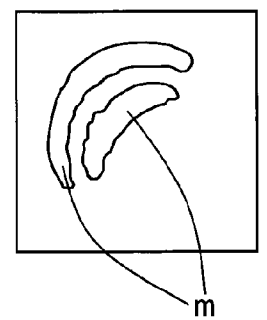


図13F



[図14]

図14A

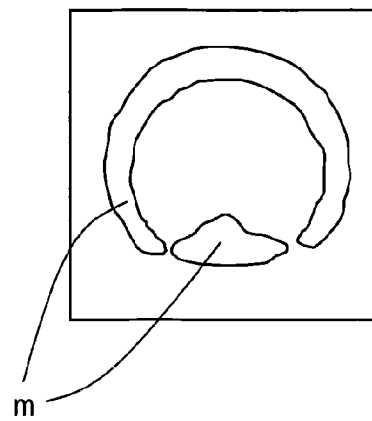
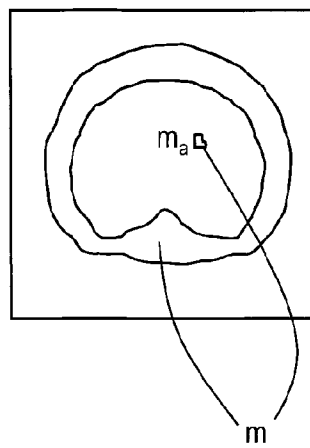


図14B



[図15]

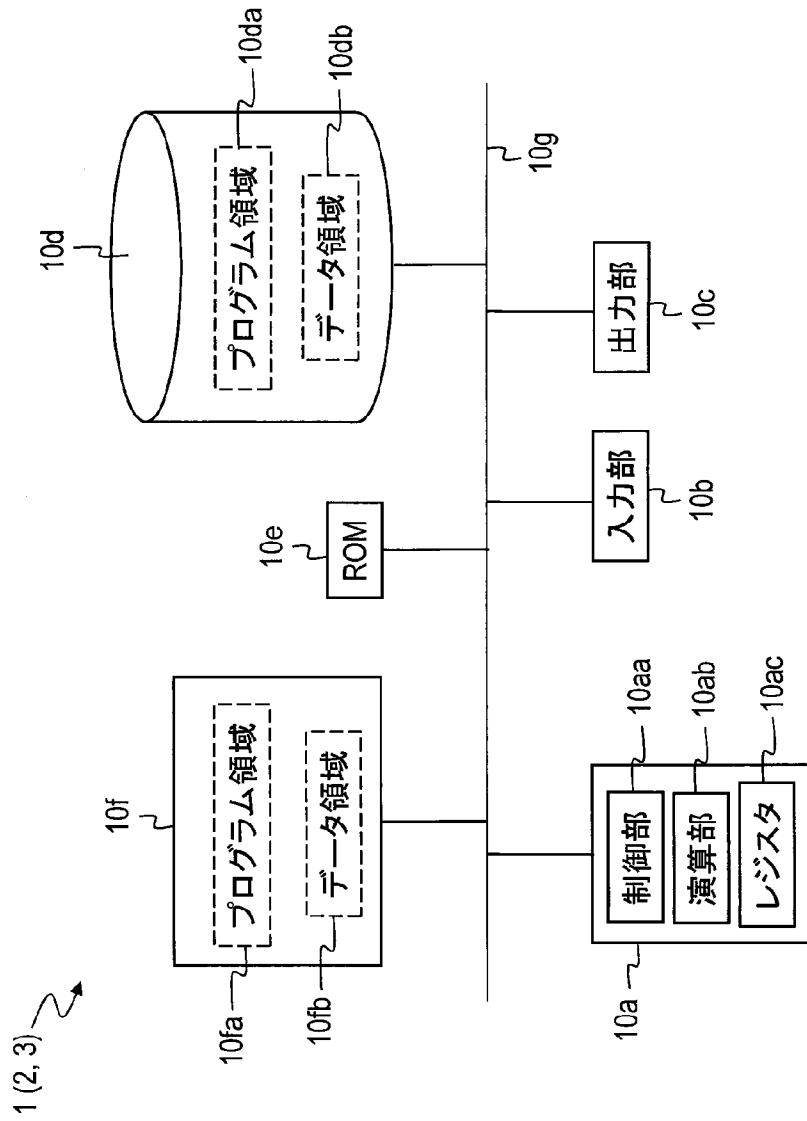


図15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003022

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/70 (2017.01) i

FI: G06T7/70 Z

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)

G06T7/00-7/90; G01B11/00-11/30; G01P3/36-3/40; G0T1/00; H04N7/18

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. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | WO 2016/148247 A1 (RIKEN) 22 September 2016 (2016-09-22) claims, paragraphs [0107]-[0119]                        | 1, 5, 6<br>2-4        |
| Y<br>A    | WO 2020/189265 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 24 September 2020 (2020-09-24) paragraphs [0012]-[0055] | 2-4<br>1, 5, 6        |
| A         | US 2017/0200277 A1 (RAPSODO PTE. LTD.) 13 July 2017 (2017-07-13) claims                                          | 1-6                   |



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

"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

"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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 April 2021 (08.04.2021)

Date of mailing of the international search report

20 April 2021 (20.04.2021)

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/JP2021/003022

| Patent Documents<br>referred in the<br>Report | Publication<br>Date | Patent Family                                                                                 | Publication<br>Date |
|-----------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| WO 2016/148247 A1                             | 22 Sep. 2016        | US 2018/0174308 A1<br>claims, paragraphs<br>[0133]-[0147]<br>TW 201702600 A<br>(Family: none) |                     |
| WO 2020/189265 A1                             | 24 Sep. 2020        | (Family: none)                                                                                |                     |
| US 2017/0200277 A1                            | 13 Jul. 2017        | (Family: none)                                                                                |                     |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G06T 7/70(2017.01)i<br>FI: G06T7/70 Z                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                      |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|------------------------------------------|--|
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>G06T7/00-7/90; G01B11/00-11/30; G01P3/36-3/40; G06T1/00; H04N7/18<br>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<br><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>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> 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）                                                                                                                                                                                                            |                                                                      |                | 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        |                           |  |                                          |  |
| 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                                                           |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                      |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO 2016/148247 A1 (国立研究開発法人理化学研究所) 22.09.2016 (2016-09-22)           | 1, 5, 6        |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 特許請求の範囲, [0107] - [0119]                                             | 2-4            |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO 2020/189265 A1 (日本電信電話株式会社) 24.09.2020 (2020-09-24)               | 2-4            |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | [0012] - [0055]                                                      | 1, 5, 6        |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US 2017/0200277 A1 (RAPSO DO PTE. LTD.) 13.07.2017 (2017-07-13)      | 1-6            |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | claims                                                               |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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>“&amp;” 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<br>08.04.2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 国際調査報告の発送日<br>20.04.2021                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>松浦 功 5H 9181<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3531 |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |

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/JP2021/003022

| 引用文献 |              |    | 公表日        | パテントファミリー文献                                                     | 公表日 |
|------|--------------|----|------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| WO   | 2016/148247  | A1 | 22.09.2016 | US 2018/0174308 A1<br>claims, [0133] - [0147]<br>TW 201702600 A |     |
| WO   | 2020/189265  | A1 | 24.09.2020 | (ファミリーなし)                                                       |     |
| US   | 2017/0200277 | A1 | 13.07.2017 | (ファミリーなし)                                                       |     |