

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成25年4月4日 (2013.4.4)

【公開番号】特開2013-36846(P2013-36846A)

【公開日】平成25年2月21日 (2013.2.21)

【年通号数】公開・登録公報2013-009

【出願番号】特願2011-172877(P2011-172877)

【国際特許分類】

G 0 1 P 3/36 (2006.01)

G 0 1 B 11/00 (2006.01)

G 0 1 B 11/10 (2006.01)

H 0 4 N 5/232 (2006.01)

H 0 4 N 5/374 (2011.01)

G 0 1 B 11/26 (2006.01)

【 F I 】

G 0 1 P 3/36 C

G 0 1 B 11/00 H

G 0 1 B 11/10 H

H 0 4 N 5/232 Z

H 0 4 N 5/335 7 4 0

G 0 1 B 11/26 H

【手続補正書】

【提出日】平成25年2月6日 (2013.2.6)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 0 7 】

以上の課題を解決するべく、本発明に係る撮像装置は、

ローリングシャッター方式の撮像手段と、

前記撮像手段により連続撮像されることによって、ボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれる少なくとも 2 つのフレーム画像を取得する撮像制御手段と、

前記撮像制御手段により取得した前記フレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域とその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段と、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となつたときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段と、

前記推定手段によって推定された少なくとも 2 つのフレーム画像の前記ボール像の各推定値に基づいて、前記ボールの運動の状態量を算出する状態量算出手段と、

を備える。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 8

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

本発明に係る撮像装置は、

ローリングシャッター方式の撮像手段と、

前記撮像手段により撮像されることによって、ボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれるフレーム画像を取得する撮像制御手段と、

前記撮像制御手段により取得した前記フレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域と、その内領域と同心状であってその内領域の外側においてその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段と、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段と、

前記推定手段によって推定された中心位置、長径、短径及び傾斜角によって規定される楕円と、それに接する水平な二本の接線との交点の位置を算出する第1の交点算出手段と、

前記推定手段によって推定された中心位置を通る水平線と前記楕円との交点を算出する第2の交点算出手段と、

前記第1の交点算出手段及び前記第2の交点算出手段によって算出された交点の位置と、前記撮像手段のローリングシャッターにおける水平ライン間の遅延時間と、前記ボールの実サイズとに基づき、前記ボールの速度を算出する速度算出手段と、

を備える

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

本発明に係るプログラムは、

コンピュータに、

移動するボールがローリングシャッター方式の撮像手段により連続撮像されることによってそのボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれる少なくとも2つのフレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域とその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によ

って算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段、

前記推定手段によって推定された少なくとも2つのフレーム画像の前記ボール像の各推定値に基づいて、前記ボールの運動の状態量を算出する状態量算出手段、

として機能させる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

本発明に係るプログラムは、

コンピュータに、

移動するボールがローリングシャッター方式の撮像手段により撮像されることによってそのボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれるフレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域と、その内領域と同心状であってその内領域の外側においてその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段、

前記推定手段によって推定された中心位置、長径、短径及び傾斜角によって規定される楕円と、それに接する水平な二本の接線との交点の位置を算出する第1の交点算出手段、

前記推定手段によって推定された中心位置を通る水平線と前記楕円との交点を算出する第2の交点算出手段、

前記第1の交点算出手段及び前記第2の交点算出手段によって算出された交点の位置と、前記撮像手段のローリングシャッターにおける水平ライン間の遅延時間と、前記ボールの実サイズとに基づき、前記ボールの速度を算出する速度算出手段、

として機能させる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

ユニット回路4は、電子撮像部3から出力される被写体の光学像に応じたアナログの画像信号が入力され、入力された画像信号を保持するCDSと、その画像信号を増幅するゲイン調整アンプ(AGC)、そのゲイン調整アンプによって増幅された画像信号をデジタルデータの画像に変換するA/D変換器(ADC)等から構成されている。ユニット回路4は、デジタルの画像を画像生成部6に出力する。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 3 0 】

画像生成部 6 によって画像処理された画像がリーダー・ライター 10 によって記憶部 11 に記録されるのは、シャッターボタン 8 a が押下された際である。シャッターボタン 8 a が押下される前は、画像生成部 6 によって画像処理された画像がバッファメモリ 12 に一時格納され、表示部 9 がバッファメモリ 12 に一時格納された画像をビデオ信号に変換した後、ライブビュー画像として表示画面に表示する。

## 【 手続補正 1 1 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 3 4 】

画像処理部 7 は、画像の各画素の座標に関する演算、画像の各画素の画素値に関する演算、その他の画像処理を行うプロセッサを具備する。画像処理部 7 は、プログラム 13 a に従って画像処理を行う。つまり、プログラム 13 a が、画像処理部 7 を打撃時フレーム検出手段 7 a、第 1 の平滑化手段 7 b、円形分離度算出手段 7 c、第 1 の推定手段 7 d、平均色算出手段 7 e、第 2 の平滑化手段 7 f、楕円分離度算出手段 7 g、第 2 の推定手段 7 h、ずれ量算出手段 7 i、ずらし量算出手段 7 j、歪み補正手段 7 k、座標変換手段 7 m、回転角推定手段 7 n、速度算出手段 7 p、垂直射出角算出手段 7 s 及び スピン速度算出手段 7 t、水平射出角算出手段 7 u として機能させる。画像処理部 7 のこれらの機能については後述する。

## 【 手続補正 1 2 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 3 6 】

まず、中央制御部 14 がプログラム 13 a によって初期位置設定手段 14 a として機能させられることによって、その中央制御部 14 が画像の各画素の位置を表現する直交二次元座標系の中にボールの初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) を設定する (ステップ S1)。具体的には、ユーザーが方向操作ボタン 8 c を操作することによってカーソルをライブビュー画像 (ライブビュー画像は、電子撮像部 3 によって撮像されて表示部 9 に表示されている。) の中のボールに合わせて、中央制御部 14 がそのカーソルの位置を初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) に設定する。又は、ユーザーがライブビュー画像の中のボールの位置においてタッチパネル 8 d にタッチしたら、中央制御部 14 がそのタッチ位置を初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) に設定することでもよい。又は、中央制御部 14 が初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) を設定した後、ユーザーが撮像装置 100 を移動させることによって、ライブビュー画像に表示された枠 (枠の中心がボールの初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) である。) をボールの位置に合わせることもよい。初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) の際には、ユーザーがライブビュー画像の確認を行いやすいようなゲインがユニット回路 4 に設定されている。なお、後述のように複数の フレーム の画像が連続的に撮像された後、最初のフレーム又は最初から幾つか後のフレームの画像が表示部 9 に表示された際に、ユーザーが 方向操作ボタン 8 c の操作又はタッチパネル 8 d をタッチすることによって、画像処理部 7 がカーソルの位置又はタッチ位置をボールの初期位置 ( $x_{ini}$ ,  $y_{ini}$ ) に設定してもよい。なお、電子撮像部 3 のマトリクス状の画素配列のうち水平ライン (水平方向の画素列) が直交二次元座標系の x 方向と平行になり、垂直ライン (垂直方向の画素列) が直交 二次元座標系 の y 方向と平行になる。

## 【 手続補正 1 3 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 7

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0037】

次に、中央制御部14がプログラム13aによって撮像制御手段14bとして機能することで、その中央制御部14が連続撮像処理を行う（ステップS2）。具体的には、ユーザーがシャッターボタン8aを押下すると、中央制御部14がユニット回路4及び電子撮像部3の駆動タイミング及びフレームレート $F_{rate}$ を設定し、撮像制御部5がその駆動タイミング及びフレームレートに従って電子撮像部3をローリングシャッター方式で繰り返し動作させることで、電子撮像部3が高速で連続撮像を行う。電子撮像部3のシャッタースピードはできる限り速く、フレームレート $F_{rate}$ はできる限り高いことが好ましい。

## 【手続補正14】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0040

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0040】

なお、連続撮像の前に初期位置（ $x_{ini}$ 、 $y_{ini}$ ）の設定を行わずに、複数の画像が連続的に撮像された後、最初のフレーム又は最初から幾つか後のフレームが表示部9に表示された際に、ユーザーが方向操作ボタン8cによってカーソルをボール像の位置に合わせることにによって（又は、ボール像の位置でタッチパネル8dをタッチすることによって）、中央制御部14がカーソルの位置又はタッチ位置をボールの初期位置（ $x_{ini}$ 、 $y_{ini}$ ）に設定してもよい。

## 【手続補正15】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0041

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0041】

次に、中央制御部14がプログラム13aによって入力制御手段14cとして機能させることで、その中央制御部14が操作入力部8を通じて入力されたデータをバッファメモリ12等に格納する。具体的には、ユーザーが操作入力部8を操作することで、各種の撮影条件（例えば、ボール202の大きさ、撮像距離（撮像距離とは、撮像方向Dに対して直交するとともに打撃前のボール202を通った物体面から撮像装置100（レンズユニット1や電子撮像部3）までの距離））を入力し、中央制御部14が入力された撮像条件をバッファメモリ12に格納する。

## 【手続補正16】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0042

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0042】

次に、画像処理部7がプログラム13aによって打撃時フレーム検出手段7aとして機能させることで、画像処理部7は、記憶部11に記録された複数の連続画像の中から、ボール202が打撃された時のフレームを検出する（ステップS3）。ボール202が打撃された時のフレームを検出する処理（ステップS3）について、図7に示すフローチャートを参照して具体的に説明する。

## 【手続補正17】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0044】

図8は、打撃時のフレームの候補を特定する処理（ステップS11）を具体的に示したフローチャートである。図8に示すように、まず、画像処理部7は、中央制御部14によって設定された初期位置（ $x_{ini}$ 、 $y_{ini}$ ）を中心とした矩形状の領域W（図9参照）を設定する（ステップS21）。ここで、図9は領域Wを説明するための図面であり、図9では、ボール202の打撃前のフレームが領域Wとともに示されている。領域Wのサイズ（x方向を $w_x$ とし、y方向を $w_y$ とする。）はボール像のサイズ以内であることが好ましい。なお、領域Wの形状は矩形でなくてもよい。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0045】

次に、画像処理部7は、記憶部11に記録された複数の連続フレームの中から最初からt番目のフレームとそのNフレーム前のフレームを読み出す（Nは2以上の整数で打撃物が領域Wを通過する時間とフレームレートとに基づく十分に大きい値であることが好ましい）。そして、t番目のフレームの領域WとNフレーム前のt-Nフレームの領域Wとの差分を算出する（ステップS22，S23，S24）。具体的には、次式に示すように、画像処理部7は、t番目のフレームとその前のフレームとの間で同一画素の画素値の差分の絶対値の領域W内における総和を算出する。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

ここで、tはフレームインデックスであり、 $f_t(x,y)$ はt番目のフレームの各画素の画素値であり、 $f_{t-N}(x,y)$ はt-N番目のフレームの各画素の画素値であり、 $\text{difW1}(t)$ はt番目のフレームの領域Wとその前のフレームの領域Wとの差分である。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0048】

画像処理部7は、以上のような2つのフレーム間の領域Wの差分 $\text{difW1}(t)$ の計算をNフレームおきに行う（ステップS25：NO）。そして、以上のような差分 $\text{difW1}(t)$ の計算が画像処理部7によってNフレームおきに繰り返されて、最後のフレームにまで至ったら（ステップS25：YES）、画像処理部7は、差分 $\text{difW1}(t)$ が最も大きなフレームを打撃時のフレームの候補に特定する（ステップS26）。以下、このフレームのフレームインデックスをN1とする。なお、差分 $\text{difW1}(t)$ の計算がNフレームおきに行われたので、計算処理の負担の軽減が図れる。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 5 4 】

画像処理部 7 は、差分  $\text{difW2}(t)$  の計算を 1 フレームごとに行う。そして、画像処理部 7 は差分  $\text{difW2}(t)$  の計算を  $K$  回（但し、 $0 < K < N$ ）繰り返し行う（ステップ S 3 5 : NO）。すなわち、確実にボールが移動していない  $N 1 - 2 N$  番目のフレームから  $N 1 - 2 N + K$  番目のフレームの期間の差分  $\text{difW2}(t)$  を取得し、最大となる差分  $\text{difW2}(t)$  に基づいて閾値  $\text{thi}$  を設定する（ステップ S 3 6）。例えば、閾値  $\text{thi}$  は、最大となる差分  $\text{difW2}(t)$  の 2 倍の値とする。

## 【 手続補正 2 2 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 5 5 】

その後も、画像処理部 7 は、 $f_{\text{tmp}}(x, y)$  をテンプレートとして  $N 1 - N$  番目のフレームから  $N 1$  番目のフレームまでについての差分  $\text{difW2}(t)$  の計算を 1 フレームごとに行う（ステップ S 3 7、ステップ S 3 8、ステップ S 3 9、ステップ S 4 0 : NO）。 $N 1$  番目の候補フレームにまで至ったら（ステップ S 4 0 : YES）、画像処理部 7 は、差分  $\text{difW2}(t)$  が閾値  $\text{thi}$  以上であって且つ最も差分  $\text{difW2}(t)$  が大きなフレームを打撃時のフレームに特定する（ステップ S 4 1）。閾値  $\text{thi}$  以上としたのは、ボールが打撃される前のフレームや打撃された後で領域  $W$  内にボールが無いフレームでのノイズ等による比較的大きな差分  $\text{difW2}(t)$  を排除するためである。以下、打撃時のフレームのフレームインデックスを  $N 2$  とする。なお、画像処理部 7 は、差分  $\text{difW2}(t)$  が閾値  $\text{thi}$  以上の最初のフレームを打撃時のフレームとしてもよい。

## 【 手続補正 2 3 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 5 6 】

以上のように、ボール 2 0 2 が打撃された時のフレームは、画像処理部 7 が行う画像処理によって検出される。そのため、ボール 2 0 2 が打撃されたことを検出するトリガセンサが不要となり、撮像装置 1 0 0 の構成がシンプルになる。また、ユニット回路 4 の I S O 感度（ゲイン）を上げて、撮像画像にノイズが発生しやすくなっても、差分  $\text{difW1}(t)$  や差分  $\text{difW2}(t)$  を利用して打撃時のフレームが検出されるので、ノイズの影響を受けにくい。

## 【 手続補正 2 4 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 5 7 】

図 4 に示すように、ボール 2 0 2 が打撃された時のフレームが検出されたら（ステップ S 3）、画像処理部 7 はボール 2 0 2 が打撃される前のボール像のサイズ及び中心位置を検出する（ステップ S 4）。

## 【 手続補正 2 5 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 5 8 】

図 1 4 は、ボール 2 0 2 が打撃される前のボール像のサイズ及び中心位置を検出する処理（ステップ S 4）を具体的に示したフローチャートである。図 1 4 に示すように、まず、画像処理部 7 は、ボール 2 0 2 が打撃される前のフレームの中の背景を平滑化（除去）し（ステップ S 4 4）、その後、背景が平滑化されたフレームの中のボール像の中心位置及び半径を算出し（ステップ S 4 2）、算出した中心位置及び半径を出力する（ステップ S 4 3）。

【手続補正 2 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 9】

図 1 5 は、背景の平滑化処理 1（ステップ S 4 4）を具体的に示したフローチャートである。背景の平滑化処理 1（ステップ S 4 4）は、プログラム 1 3 a によって第 1 の平滑化手段 7 b として機能させられた画像処理部 7 によって行われる。

【手続補正 2 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 6】

【数 3】

$$\eta = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_T^2}$$

$$\sigma_b^2 = n_1 \left( \overline{P_1} - \overline{P_m} \right)^2 + n_2 \left( \overline{P_2} - \overline{P_m} \right)^2$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N \left( P_i - \overline{P_m} \right)^2$$

ここで、 $N$ は領域A1,A2全体の画素数、

$n_1$ は領域A1の画素数、

$n_2$ は領域A2の画素数、

$\sigma_T$ は領域A1,A2全体の分散値、

$\sigma_b$ は領域A1,A2間の分散値、

$P_i$ は位置*i*の輝度値（画素値）、

$\overline{P_1}$ は領域A1の平均輝度値（平均画素値）、

$\overline{P_2}$ は領域A2の平均輝度値（平均画素値）、

$\overline{P_m}$ は領域A1,A2全体の平均輝度値（平均画素値）

を示している。

【手続補正 2 8】



【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0067】

分離度は、内領域A1と外領域A2の間の変動が領域A1、A2全体の変動に占める割合であって、最大1に正規化された値となっている。分離度は、 $0 < \text{分離度} < 1$ の範囲の値をとる。内領域A1と外領域A2との間で画像特徴量がより大きく分離するにつれて、分離度がより大きくなる。内領域A1と外領域A2との間で画像特徴量が最も分離していると、分離度が最大値をとる。従って、円形分離度フィルターの半径 $r$ を最小値 $r_{\min}$ から最大値 $r_{\max}$ の範囲内で所定刻み幅（例えば、1～数画素）で変化させるとともに、円形分離度フィルターの中心位置 $(x, y)$ を所定範囲（例えば、初期位置 $(x_{\text{ini}}, y_{\text{ini}})$ を中心とした範囲）内で所定刻み幅（例えば、1～数画素）で変化させて、最大の分離度をとる半径 $r$ 及び中心位置 $(x, y)$ をボール像の半径及び中心位置として推定する。

【手続補正29】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0068】

具体的には、図16に示すように、画像処理部7は、円形分離度フィルターの中心位置 $(x, y)$ 及び半径 $r$ を初期値（例えば、初期位置 $(x_{\text{ini}}, y_{\text{ini}})$ 、最小値 $r_{\min}$ ）に設定する（ステップS61）。次に、画像処理部7は、背景が平滑化された打撃直前のフレーム（図15に示すステップS51の処理で得られたフレーム）を円形分離度フィルターによってフィルタリング処理することによって、内領域A1と外領域A2の各画素の分離度を算出する（ステップS62）。次に、画像処理部7は、画素ごとの分離度の分布に対して補間処理を行うことによって、画素間のサブピクセル単位で分離度を求める（ステップS63）。例えば、画像処理部7は、放物線近似法を利用したサブピクセル推定法によって分離度分布の補間を行う。その後、画像処理部7は、円形分離度フィルターの中心位置 $(x, y)$ 及び半径 $r$ を所定幅だけずらしながら（ステップS65）、同様なフィルタリング処理及び補間処理を繰り返す（ステップS64：NO）。そして、そのような処理の繰り返しを終了したら（ステップS64：YES）、画像処理部7は最大の分離度を得た半径 $r$ 及び中心位置 $(x, y)$ を打撃直前のボール像の半径と中心位置と推定する（ステップS66）。つまり、ステップS66では、画像処理部7は、プログラム13aによって、打撃直前のボール像の半径及び中心位置を推定する第1の推定手段7dとして機能する。

【手続補正30】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0071】

図4に示すように、ボール202が打撃される直前のボール像の半径 $r_1$ 及び中心位置 $(x_1, y_1)$ が検出されたら（ステップS4）、画像処理部7がプログラム13aによって平均色算出手段7eとして機能する（ステップS5）。具体的には、画像処理部7は、打撃直前のフレームについて中心位置 $(x_1, y_1)$ 付近の複数の画素の平均色（以下、その平均色を $aveB_c$ とする。）を算出する（ステップS5）。そして、画像処理部7は、算出した平均色 $aveB_c$ をバッファメモリ12に記憶しておく。RGB色空間であれば、平均色は、中心位置 $(x_1, y_1)$ 付近の複数の画素のR値（赤の輝度値）の平

均値と、G 値（緑の輝度値）の平均値と、B 値（青の輝度値）の平均値とによって表される。

【手続補正 3 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 7 3】

図 1 8 は、ボール 2 0 2 が打撃された後のボール像のサイズ、中心位置及び傾斜角を検出する処理（ステップ S 6）を具体的に示したフローチャートである。図 1 8 に示すように、まず、画像処理部 7 は、打撃後のフレーム（以下、そのフレームインデックスを T とする。）の中の背景を平滑化し（ステップ S 7 1）、その後、背景が平滑化されたフレームの中のボール像の中心位置、長径及び短径を算出し（ステップ S 7 2）、背景が平滑化されたフレームの中のボール像の水平ライン（x 方向）に対する角度を算出する（ステップ S 7 3）。

【手続補正 3 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 7 4】

図 1 9 は、背景の平滑化処理 2（ステップ S 7 1）を具体的に示したフローチャートである。背景の平滑化処理 2（ステップ S 7 1）は、プログラム 1 3 a によって第 2 の平滑化手段 7 f として機能させられた画像処理部 7 によって行われる。

【手続補正 3 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 8 5】

楕円分離度フィルターは、座標（x, y）に中心を持つ長径 L、短径 S の楕円形状の内領域 A 3 と、内領域 A 3 と同心状の領域であって内領域 A 3 の外側において内領域 A 3 に隣接する長径  $L_{max}$ 、短径  $S_{max}$  の外領域 A 4 と、から構成される。内領域 A 3 の外縁となる楕円と、外領域 A 4 の外縁となる楕円は相似形である。また、長径 L、長径  $L_{max}$  が x 方向の水平ラインに対して傾斜しており、その傾斜角は  $\theta$  である。この楕円分離度フィルターは、形状こそ上述した円形分離度フィルターと異なるものの、円形分離度フィルターと同様に、内領域 A 3 と外領域 A 4 の画素の分離度を算出するものである。従って、円形分離度フィルターにおける分離度の算出式を楕円分離度フィルターにおける分離度の算出式に適用することができる。そのため、楕円分離度フィルターの長径 L を最小値  $L_{min}$  から最大値  $L_{max}$  の範囲内で所定刻み幅（例えば、1 ～ 数画素）で変化させ、短径 S を最小値  $S_{min}$  から最大値  $S_{max}$  の範囲内で所定刻み幅（例えば、1 ～ 数画素）させ、楕円分離度フィルターの中心位置（x, y）を所定範囲内で所定刻み幅（例えば、1 ～ 数画素）で変化させ、更に楕円分離度フィルターの傾斜角  $\theta$  を所定範囲内で所定刻み幅で変化させることで、最大の分離度  $D_{max}$  をとる長径 L、短径 S、中心位置（x, y）及び傾斜角  $\theta$  をボール像の長径、短径、中心位置及び傾斜角として推定する。

【手続補正 3 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 8 7 】

そして、以上のような分離度算出処理の繰り返しを終了したら、画像処理部 7 がプログラム 13 a によって第 2 の推定手段 7 h として機能させられる。第 2 の推定手段 7 h として機能する画像処理部 7 は、繰り返して算出された分離度のうち最大の分離度を得た長径  $L$ 、短径  $S$  及び中心位置  $(x, y)$  を打撃後のボール像の長径、短径及び中心位置と推定する。

以下、以上のようにして推定された長径を  $L_2$ 、短径を  $S_2$ 、中心位置の座標を  $(x_2, y_2)$  とする。推定された長径  $L_2$ 、短径  $S_2$  及び中心位置  $(x_2, y_2)$  は、画像処理部 7 及びリーダー・ライター 10 によって記憶部 11 に記録される。

## 【 手続補正 3 5 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 8 9 】

そして、以上のような分離度算出処理の繰り返しを終了したら、画像処理部 7 がプログラム 13 a によって第 2 の推定手段 7 h として機能させられる。第 2 の推定手段 7 h として機能する画像処理部 7 は、繰り返して算出された分離度のうち最大の分離度を得た傾斜角  $\theta$  を打撃後のボール像の傾斜角と推定する。以下、このように推定された傾斜角を  $\theta_2$  とする。推定された傾斜角  $\theta_2$  は、画像処理部 7 及びリーダー・ライター 10 によって記憶部 11 に記録される。

## 【 手続補正 3 6 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 9 7 】

ここで、 $T$  番目の打撃後フレームにおける  $r_{sd}(T)$  は補正係数である。 $x_2(T)$ 、 $x_2(T+1)$  は、図 18 に示す処理によって算出されたものである。 $S_y$  は水平ライン数である。補正係数  $r_{sd}(T)$  は、ローリングシャッター歪みによって発生したずれ量であって、打撃後のフレームの中の上下に隣り合う水平ライン間が  $x$  方向にどの程度ずれているかを示すずれ量である。

## 【 手続補正 3 7 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 1 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 1 1 1 】

次に、画像処理部 7 は、ステップ  $S_{11\_1}$  で生成した三次元球体モデルの表面のボール像と、ステップ  $S_{11\_4}$  で生成した座標変換後のボール像との差分を算出する（ステップ  $S_{11\_5}$ ）。

## 【 手続補正 3 8 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 1 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 1 1 2 】

その後、画像処理部 7 は、回転行列  $I_{rot}$  のピッチ角度  $\phi$ 、ヨー角度  $\gamma$ 、ロール角度  $\rho$  を所定幅だけずらしながら、同様な座標変換及び差分算出を繰り返す（ステップ  $S_{11\_6}$  :  $NO$ ）。そして、そのような処理の繰り返しを終了したら（ステップ  $S_{11\_6}$  :  $YES$ ）。

S)、画像処理部7は最小の差分をとる回転角度  $r$ 、 $y$ 、 $p$ を1フレーム当たりのボールの回転ピッチ角、回転ヨー角、回転ロール角に推定する(ステップS118)。以下、このように求められたT番目のフレームにおける回転ピッチ角、回転ヨー角、回転ロール角を  $r_2$ 、 $y_2$ 、 $p_2$ とする。

【手続補正39】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0116

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0116】

ここで、 $(x_a, y_a)$ は打撃後の所定のフレームにおけるボール像の中心座標、 $(x_b, y_b)$ はその前のフレームにおけるボール像の中心座標、 $N_3$ はこれらフレームのフレームインデックスの差の絶対値(つまり、これらフレーム間のフレーム数)、 $V_x$ はx方向の速度[pixel/sec]、 $F_{rate}$ はフレームレート、 $V_y$ はy方向の速度[pixel/sec]である。中心座標 $(x_a, y_a)$ 、 $(x_b, y_b)$ は、図4に示すステップS6の処理で検出されたものである。続いた2つのフレームのボール像の中心座標からボール速度を算出するのであれば、 $N_3$ の値は1である。打撃後のフレームごとに $V_x$ 及び $V_y$ を算出してもよい。更に、各種撮影条件や実際のボールの直径やボール像の直径等に基づいて、速度 $V_x$ 、 $V_y$ を画像上の速度から実際の速度に換算してもよい。なお、 $(x_b, y_b)$ は、打撃前のフレームにおけるボール像の中心座標(図4に示すステップS4で算出されたもの)とし、 $N_3$ は打撃時のフレームから、中心座標 $(x_a, y_a)$ を求めた際の打撃後のフレームまでのフレーム数としてもよい。

【手続補正40】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0122

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0122】

ここで、 $\theta$ は水平射出角[rad]、 $(x_a, y_a)$ は打撃後の所定のフレームにおけるボール像の中心座標、 $(x_b, y_b)$ はその前のフレーム(但し、打撃後のフレームである。)におけるボール像の中心座標、 $(x_c, y_c)$ はフレームの中心座標、 $S_x$ は垂直ライン数、 $A_H$ は撮像装置100の撮像手段の水平画角、 $L_a$ は前記所定のフレームにおいて座標 $(x_a, y_a)$ に中心を有するボール像の長径、 $S_a$ は前記所定のフレームにおいて座標 $(x_a, y_a)$ に中心を有するボール像の短径、 $L_b$ はその前のフレームにおいて座標 $(x_b, y_b)$ に中心を有するボール像の長径、 $S_b$ は前記所定のフレームにおいて座標 $(x_b, y_b)$ に中心を有するボール像の短径である。 $L_a$ 、 $S_a$ 、 $L_b$ 、 $S_b$ は、図4に示すステップS6の処理で検出されたものである。

【手続補正41】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0123

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0123】

図26を参照して、 $\theta$ の算定式について説明する。図26に示すように、撮像装置100の撮像手段(レンズユニット1、電子撮像部3)を基準として三次元座標系uvwを定め、その撮像手段を原点に定める。ここで、u方向は電子撮像部3の水平ラインに平行であり、v方向は電子撮像部3の垂直方向に平行であり、w方向は電子撮像部3の水平方向及び垂直方向に対して直交して、撮像方向Dに対して平行である。打撃後のボール202が位置Aにある時に撮像されたフレームのボール像の中心座標を $(x_a, y_a)$ とし、それ以前(但し、打撃後である。)にボール202が位置Bにある時に撮像されたフレーム

のボール像の中心座標を  $(x_b, y_b)$  とする。位置 A, B はボール 202 の中心位置とし、位置 A, B の  $uvw$  座標はそれぞれ  $(u_a, v_a, w_a)$ ,  $(u_b, v_b, w_b)$  である。撮像距離  $D_{bc}$  は、撮像装置 100 の撮像手段（レンズユニット 1、電子撮像部 3）の光軸に対して直交するとともに打撃前のボール 202 を通った物体面から、撮像装置 100 の撮像手段までの距離である。

【手続補正 42】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0124

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0124】

位置 A のボール 202 と撮像装置 100 の撮像手段とを結ぶ線が光軸を基準として成す角（水平角  $\theta_{Ha}$ 、垂直角  $\theta_{Va}$ ）や、位置 B の 202 と撮像装置 100 の撮像手段とを結ぶ線が光軸を基準として成す角（水平角  $\theta_{Hb}$ 、垂直角  $\theta_{Vb}$ ）は、次式で表される。

【数 15】

$$\theta_{Ha} = \frac{x_a - x_c}{Sx} \times A_H$$

$$\theta_{Va} = \frac{y_a - y_c}{Sy} \times A_V$$

$$\theta_{Hb} = \frac{x_b - x_c}{Sx} \times A_H$$

$$\theta_{Vb} = \frac{y_b - y_c}{Sy} \times A_V$$

【手続補正 43】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0131

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0131】

以上のような速度、垂直射出角、水平射出角、バックスピン速度及びサイドスピン速度の算出後、画像処理部 7 がボール 202 の速度、垂直射出角、水平射出角、バックスピン速度及びサイドスピン速度をリーダー・ライター 10 に出力して、リーダー・ライター 10 が速度、垂直射出角、水平射出角、バックスピン速度及びサイドスピン速度を記憶部 11 に記録する。また、算出された速度、垂直射出角、水平射出角、バックスピン速度及びサイドスピン速度を数値や図面等で表す映像が、画像処理部 7 及び中央制御部 14 の指令によって表示部 9 に表示される（ステップ S9）。

【手続補正 44】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0136

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0136】

また、プログラム 13 b は、画像処理部 7 を平滑化手段 7 f、楕円分離度算出手段 7 g、推定手段 7 h、第 1 の交点算出手段 7 v、第 2 の交点算出手段 7 w、速度算出手段 7 x 及び垂直射出角算出手段 7 y として機能させる。平滑化手段 7 f、楕円分離度算出手段 7 g 及び推定手段 7 h は、第 1 実施形態と同様である。第 1 の交点算出手段 7 v、第 2 の交点算出手段 7 w、速度算出手段 7 x 及び垂直射出角算出手段 7 y については後に詳細に説明する。

【手続補正 45】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0137

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0137】

図 28 に示されたフローチャートを参照して、プログラム 13 b に従って中央制御部 14 及び画像処理部 7 が行う処理の流れについて説明する。

まず、中央制御部 14 がプログラム 13 b によって入力制御手段 14 g として機能することで、その中央制御部 14 が操作入力部 8 を通じて入力されたデータをバッファメモリ 12 等に格納する。具体的には、ユーザーが操作入力部 8 を操作することで、実際のボール 202 の直径又は半径を入力すると、中央制御部 14 が入力された直径をバッファメモリ 12 に格納するか、入力された半径の 2 倍をバッファメモリ 12 に格納する（ステップ S121）。なお、直径が予め記憶部 11 又はプログラムメモリ 13 等に記録されていてもよいし、プログラム 13 b に組み込まれていてもよい。

【手続補正 46】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0138

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0138】

次に、中央制御部 14 がプログラム 13 b によって撮像制御手段 14 b として機能することで、その中央制御部 14 が連続撮像処理を行う。具体的には、ユーザーがシャッターボタン 8 a を押下すると、中央制御部 14 が撮像制御部 5 を通じて電子撮像部 3 の連続撮像を行わせる（ステップ S122）。その際、打撃者がボール 202 を打撃する。連続撮像処理（ステップ S122）は第 1 実施形態における連続撮像処理（ステップ S2）と同様である。なお、打撃前のボール 202 近傍にトリガセンサが設けられ、打撃者がボール 202 を打撃したことがトリガセンサによって検出され、そのトリガ信号が中央制御部 14 に入力されたら、中央制御部 14 が撮像制御部 5 を通じて電子撮像部 3 の連続撮像を行わせてもよい。また、連続撮像ではなく、ボール 202 の打撃後に高速なシャッタースピードで多重露光して1 枚の静止画を撮像するものとしてもよい。

【手続補正 47】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0139

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0139】

次に、画像処理部 7 は、打撃後のフレームを記憶部 11 から読み出す（ステップ S123）。

次に、画像処理部 7 がプログラム 13 b によって平滑化手段 7 f、楕円分離度算出手段 7 g 及び推定手段 7 h として機能させられ、画像処理部 7 は読み出したフレームの中のボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角を検出する（ステップ S124）。ステップ S124 における処理は、第 1 実施形態におけるステップ S6 における処理と同様である。図 29 に示すように、ステップ S124 の処理において、最大の分離度をとる長径、短径

、中心位置及び傾斜角をそれぞれ  $L_4$ 、 $S_4$ 、 $(x_4, y_4)$  及び  $\theta_4$  とする。また、長径  $L_4$ 、短径  $S_4$ 、中心位置  $(x_4, y_4)$  及び傾斜角  $\theta_4$  から規定される楕円を最適楕円という。なお、ステップ  $S_{124}$  の処理の前に、第 1 実施形態の場合と同様に、画像処理部 7 が打撃時のフレームを検出してもよい（図 4 のステップ  $S_3$ 、図 7、図 8、図 12 等参照）。

【手続補正 48】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0141

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0141】

まず、画像処理部 7 がプログラム 13b によって第 1 の交点算出手段 7v として機能させられることによって、画像処理部 7 は、最適楕円とそれに接する水平な接線  $H_1$  との交点の座標  $(x_5, y_5)$  を算出するとともに、最適楕円とそれに接するもう一つの水平な接線  $H_2$  との交点の座標  $(x_6, y_6)$  を算出する。

次に、画像処理部 7 がプログラム 13b によって第 2 の交点算出手段 7w として機能させられることによって、その画像処理部 7 は、中心位置  $(x_4, y_4)$  を通る水平線  $H_3$  と最適楕円との 2 つの交点の座標  $(x_7, y_7)$ 、 $(x_8, y_8)$  を算出する。

【手続補正 49】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0152

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0152】

また、第 1、第 2 の実施形態にあつては、中央制御部 14 の制御下にて、画像処理部 7 がプログラム 13a、13b を実行することによって各種手段 7a ~ 7n、7p、7s ~ 7u、7v ~ 7y の機能を実現した。しかし、これらに限られることなく、中央制御部 14 がプログラムメモリ 13 に格納されたプログラム 13a、13b を実行することによってこれらの手段 7a ~ 7n、7p、7s ~ 7u、7v ~ 7y の機能を実現してもよい。

【手続補正 50】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ローリングシャッター方式の撮像手段と、

前記撮像手段により連続撮像されることによって、ボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれる少なくとも 2 つのフレーム画像を取得する撮像制御手段と、

前記撮像制御手段により取得した前記フレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域とその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段と、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段と、

前記推定手段によって推定された少なくとも 2 つのフレーム画像の前記ボール像の各推定値に基づいて、前記ボールの運動の状態量を算出する状態量算出手段と、

を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記状態量算出手段は、前記推定手段によって推定された少なくとも2つのフレーム画像のボール像の中心位置の差分と、フレーム画像間のフレーム数と、フレームレートとから、前記ボールの速度を算出する速度算出手段を含む、  
ことを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】

前記状態量算出手段は、前記推定手段によって推定された少なくとも2つのフレーム画像のボール像の中心位置の差分から、水平面を基準とした前記ボールの上下方向への射出角を算出する垂直射出角算出手段を含む、  
ことを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項4】

前記状態量算出手段は、前記推定手段によって推定された少なくとも2つのフレーム画像のボール像の長径又は短径と、前記撮像手段の水平画角と、前記フレーム画像の中心座標と、前記フレーム画像の垂直ライン数とから、前記撮像手段の撮像方向に直交する面を基準とした前記ボールの左右方向への射出角を算出する水平射出角算出手段を含む、  
ことを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項5】

前記推定手段は、前記内領域の傾斜角を一定にした状態で前記内領域の中心位置、長径及び短径を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径及び短径を、前記ボール像の中心位置、長径及び短径として推定し、その推定した中心位置、長径及び短径に前記内領域の中心位置、長径及び短径を一定にした状態で前記内領域の傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの傾斜角を、前記ボール像の傾斜角として推定する、  
ことを特徴とする請求項1から4の何れか一項に記載の撮像装置。

【請求項6】

前記推定手段によって推定された中心位置のフレーム画像間における水平方向の差分から、隣り合う水平ラインの間でローリングシャッターによって生じる水平方向のずれ量を、算出するずれ量算出手段と、  
前記ずれ量に基づき、前記フレーム画像のボール像に生じた歪みを、円形に補正する歪み補正手段と、  
前記歪み補正手段によって補正されたボール像を、三次元球体モデルの表面に座標変換する座標変換手段と、  
前記座標変換手段によって座標変換されたボール像のフレーム画像間における回転角を、推定する回転角推定手段と、  
前記回転角推定手段によって推定された回転角とフレームレートとから、前記ボールのスピンの速度を算出するスピン速度算出手段と、  
を更に備えることを特徴とする請求項1から5の何れか一項に記載の撮像装置。

【請求項7】

ローリングシャッター方式の撮像手段と、  
前記撮像手段により撮像されることによって、ボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれるフレーム画像を取得する撮像制御手段と、  
前記撮像制御手段により取得した前記フレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域と、その内領域と同心状であってその内領域の外側においてその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段と、  
前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段と、  
前記推定手段によって推定された中心位置、長径、短径及び傾斜角によって規定される楕円と、それに接する水平な二本の接線との交点の位置を算出する第1の交点算出手段と、



前記推定手段によって推定された中心位置を通る水平線と前記楕円との交点を算出する第 2 の交点算出手段と、

前記第 1 の交点算出手段及び前記第 2 の交点算出手段によって算出された交点の位置と、前記撮像手段のローリングシャッターにおける水平ライン間の遅延時間と、前記ボールの実サイズとに基づき、前記ボールの速度を算出する速度算出手段と、

を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 8】

コンピュータに、

移動するボールがローリングシャッター方式の撮像手段により連続撮像されることによってそのボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれる少なくとも 2 つのフレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域とその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段、

前記推定手段によって推定された少なくとも 2 つのフレーム画像の前記ボール像の各推定値に基づいて、前記ボールの運動の状態量を算出する状態量算出手段、

として機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 9】

コンピュータに、

移動するボールがローリングシャッター方式の撮像手段により撮像されることによってそのボール像が楕円形に歪んだ状態で含まれるフレーム画像を、水平ラインに対して長径が傾斜した楕円形の内領域と、その内領域と同心状であってその内領域の外側においてその内領域に隣接する外領域とを有する楕円分離度フィルターで、フィルタリング処理することによって、前記内領域と前記外領域の画素の分離度を算出する分離度算出手段、

前記内領域の中心位置、長径、短径及び傾斜角を変更しながら前記分離度算出手段によって算出される分離度が最大となったときの中心位置、長径、短径及び傾斜角を、前記ボール像の中心位置、長径、短径及び傾斜角として推定する推定手段、

前記推定手段によって推定された中心位置、長径、短径及び傾斜角によって規定される楕円と、それに接する水平な二本の接線との交点の位置を算出する第 1 の交点算出手段、

前記推定手段によって推定された中心位置を通る水平線と前記楕円との交点を算出する第 2 の交点算出手段、

前記第 1 の交点算出手段及び前記第 2 の交点算出手段によって算出された交点の位置と、前記撮像手段のローリングシャッターにおける水平ライン間の遅延時間と、前記ボールの実サイズとに基づき、前記ボールの速度を算出する速度算出手段、

として機能させることを特徴とするプログラム。

【手続補正 5 1】

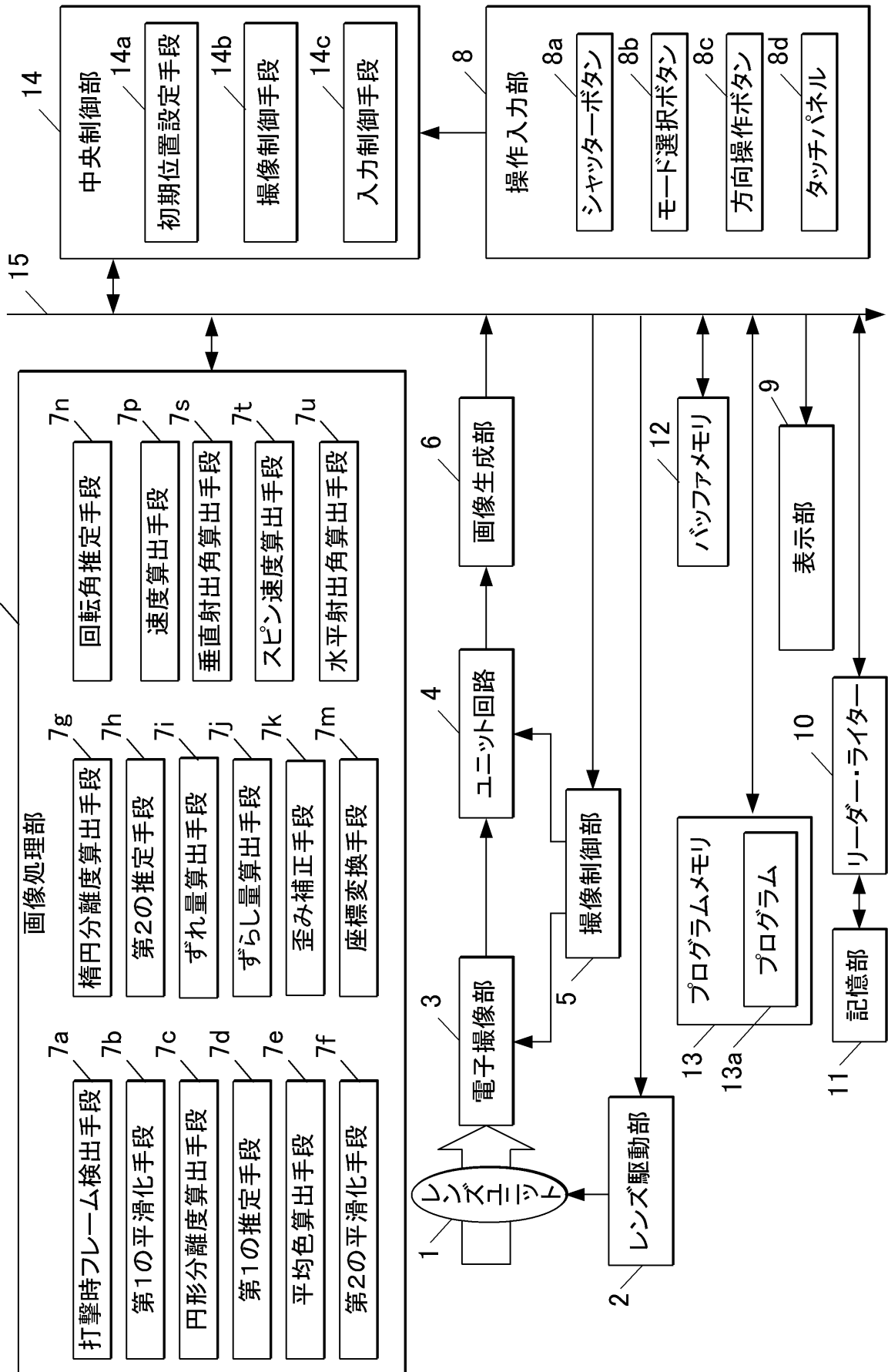
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

100



【手続補正 5 2】

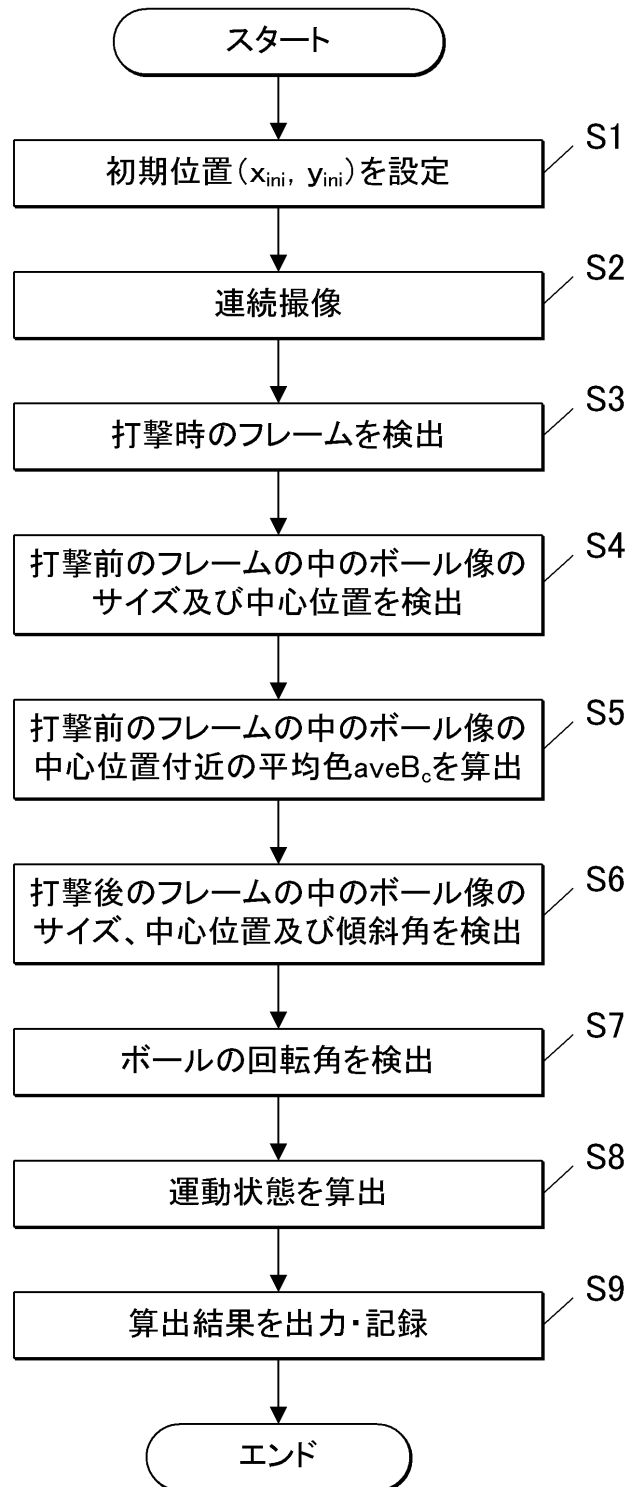
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 4】



【手続補正 5 3】

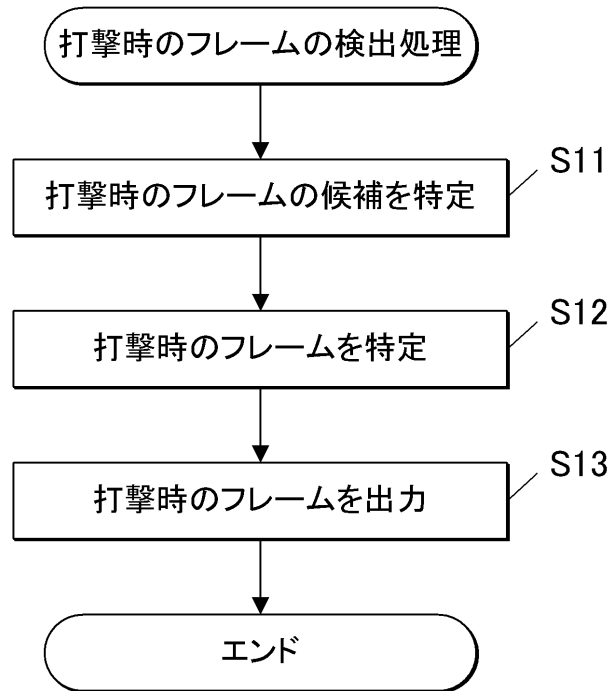
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 7】



【手続補正 5 4】

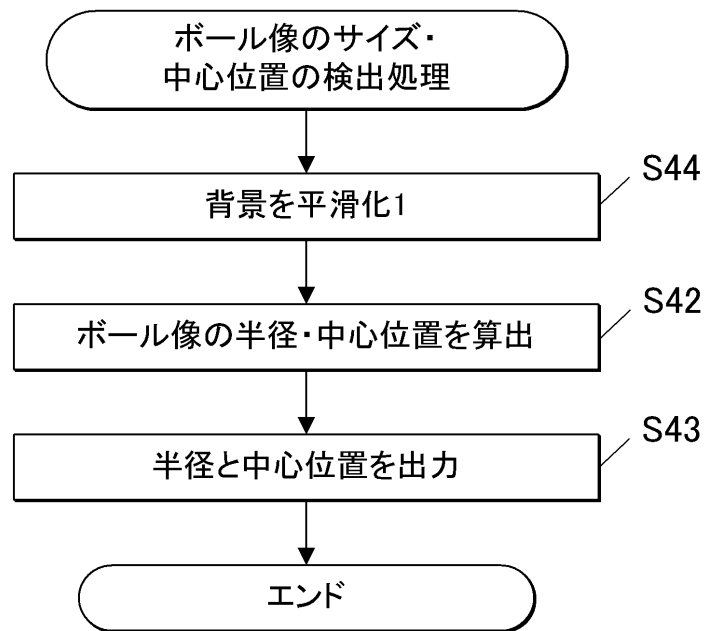
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 4】



【手続補正 5 5】

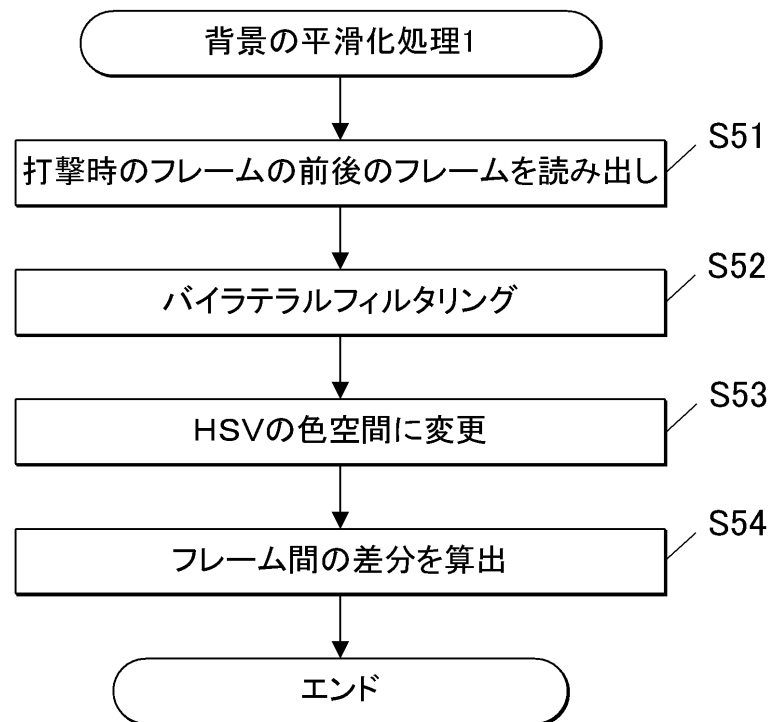
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 5】



【手続補正 5 6】

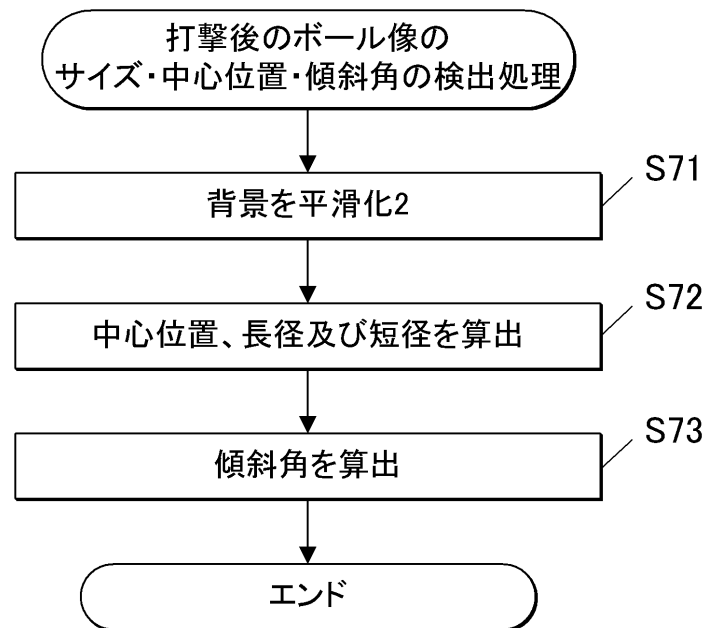
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 18】



【手続補正 57】

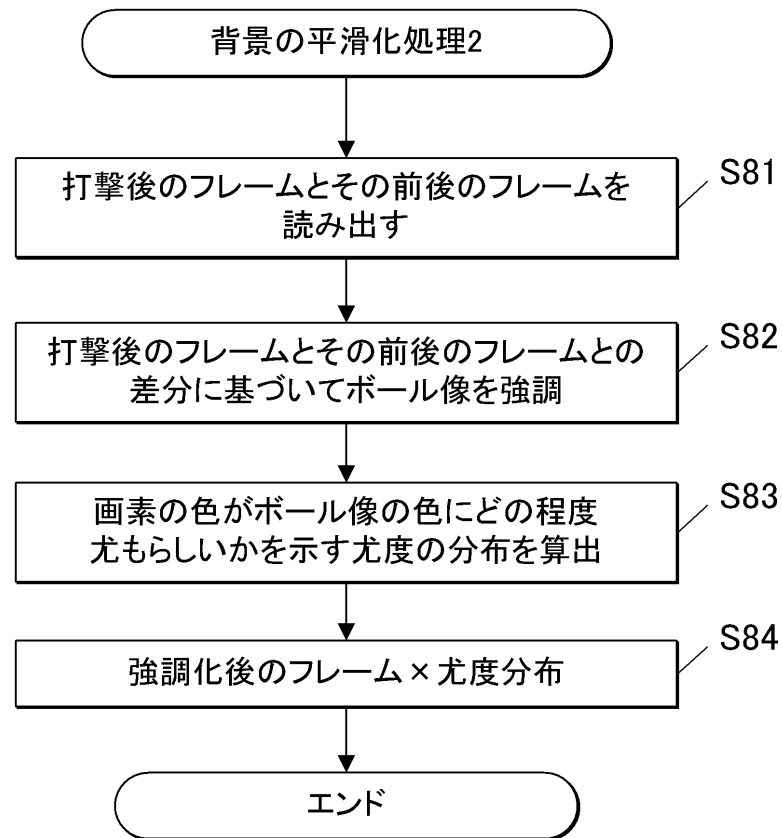
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 19

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 19】



【手続補正 58】

【補正対象書類名】図面

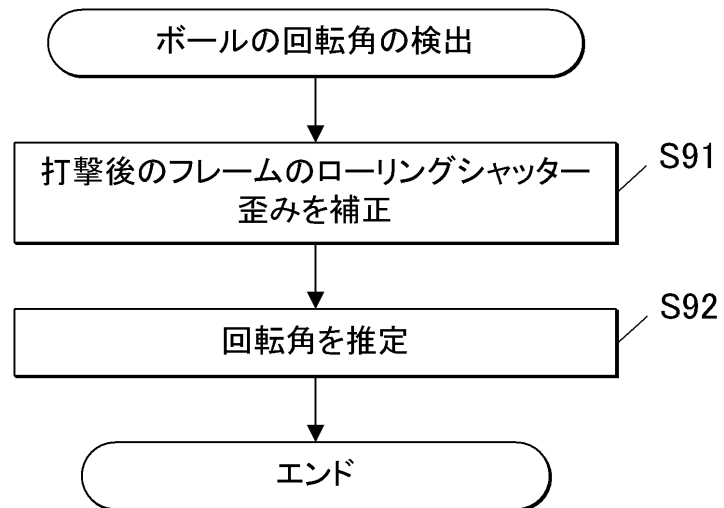
【補正対象項目名】図 22

【補正方法】変更

【補正の内容】



【図 2 2】



【手続補正 5 9】

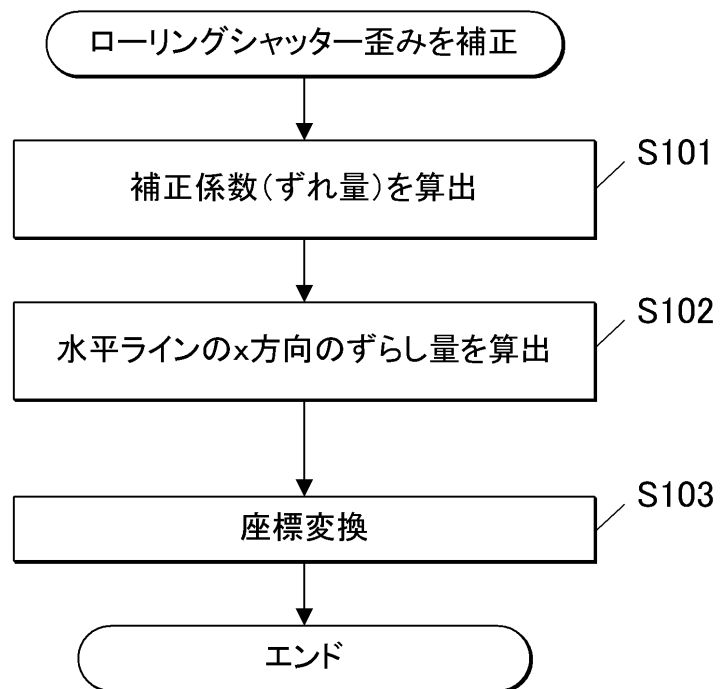
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 2 3】



【手続補正 6 0】

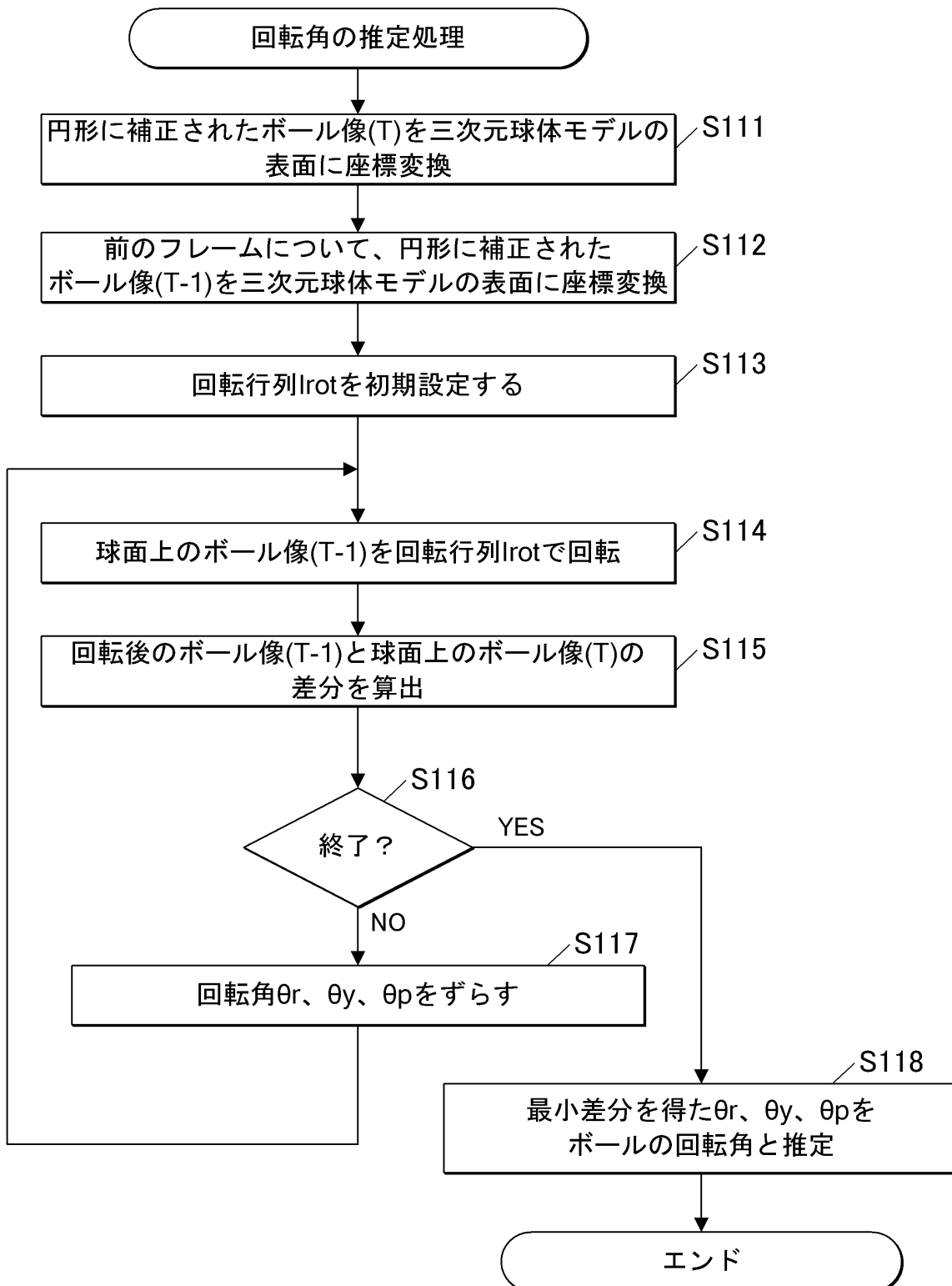
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 2 5】



【手続補正 6 1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

100A