

明 細 書

発明の名称：

ボール打ち出し解析装置及びボール打ち出し解析方法

技術分野

[0001] 本発明は、ボール打ち出し解析装置及びボール打ち出し解析方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、ゴルフボール等のボールをクラブで打った際の解析装置に関する技術は、多種存在する。例えば、特表2005-529339号公報（特許文献1）では、動いているゴルフボールのパラメータを決定する方法が開示されている。特表2015-512660号公報（特許文献2）では、クラブフェースを有するゴルフクラブヘッドを測定する装置が開示されている。特表2019-536064号公報（特許文献3）では、アライメントスティックと共に使用されるゴルフボール打ち出しモニタが開示されている。特開2020-071228号公報（特許文献4）では、被写体の運動軌跡を算出するための方法が開示されている。特開2020-078069号公報（特許文献5）では、ゴルフスイングの撮影を支援する方法が開示されている。特開2020-095019号公報（特許文献6）では、ボールの回転を測定するための方法が開示されている。特表2021-507426号公報（特許文献7）では、ディスプレイと、センサーと、打ち出しモニタと、プロセッサを備えたボール追跡システムが開示されている。特表2022-520507号公報（特許文献8）では、ゴルフクラブと関連する物理量を測定するための方法が開示されている。特表2022-520681号公報（特許文献9）では、ボールの回転を測定するための方法が開示されている。特表2023-548132号公報（特許文献10）では、仮想ゴルフシミュレーションを支援するための方法が開示されている。

[0003] 又、特開2000-66315号公報（特許文献11）には、打ち出しボ

ールの運動と深い因果関係を持つクラブの挙動を科学的に計測可能な方法が開示されている。特開2013-153802号公報（特許文献12）には、計測誤差を低減し、利便性の高いゴルフクラブの計測装置が開示されている。特開2012-52845号公報（特許文献13）には、打具と被打球の両方の速度をより正確に計測する計測装置が開示されている。

[0004] 一方、本出願人は、下記の特許文献に示す発明を出願し、権利化している。例えば、特開2017-169950号公報（特許文献14）には、ボールの飛弾を検知するボール飛弾検知装置及びボール飛弾検知方法が開示されている。特開2018-205074号公報（特許文献12）では、飛行パラメータ測定装置及び飛行パラメータ測定方法が開示されている。特開2021-071387号公報（特許文献13）では、ボール追跡装置及びボール追跡方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特表2005-529339号公報
特許文献2：特表2015-512660号公報
特許文献3：特表2019-536064号公報
特許文献4：特開2020-071228号公報
特許文献5：特開2020-078069号公報
特許文献6：特開2020-095019号公報
特許文献7：特表2021-507426号公報
特許文献8：特表2022-520507号公報
特許文献9：特表2022-520681号公報
特許文献10：特表2023-548132号公報
特許文献11：特開2000-66315号公報
特許文献12：特開2013-153802号公報
特許文献13：特開2012-52845号公報
特許文献14：特開2017-169950号公報

特許文献15：特開 2 0 1 8 － 2 0 5 0 7 4 号公報

特許文献16：特開 2 0 2 1 － 0 7 1 3 8 7 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 近年、赤外線センサーやカメラ等のデバイスが容易に入手出来るようになり、これらのデバイスを用いて、プレイヤーのボールの打ち出しから、当該ボールの飛行パラメータの解析までを高精度に行う装置の開発が進められている。

[0007] ここで、赤外線センサーは、ボールの打ち出しの際のクラブの出現やボールの消失を精度高く検出することが出来るものの、外部のノイズに弱く、誤検知が生じ易いという課題がある。一方、カメラは、視野角の広さから、ボールの設置位置を精度高く撮影することが出来るものの、ボールの打ち出しの瞬間を捉えるためには、ボールが設置された後から、常時、カメラを連続撮影する必要がある。そして、ボールの打ち出しの瞬間を適切に捉えるためには、高速の連続撮影を可能とする高性能カメラを用いる必要があるが、その場合は、コストが掛かる。又、カメラの連続撮影には、膨大なデータ容量が必要であるとともに、実際には、カメラが、ボールの打ち出しの瞬間を連続撮影すれば良いのであるが、その瞬間を捉えるために、プレイヤーが素振りをしている時も、カメラが、その様子を連続撮影する必要があり、非効率であるという課題がある。

[0008] ここで、上述した特許文献 1 － 1 2、1 5 － 1 6 に記載の技術は、カメラを用いた技術であり、上述と同様の課題がある。又、上述した特許文献 1 4 は、赤外線センサーを用いた技術であり、上述と同様の課題がある。又、上述した特許文献 1 3 は、ドップラーセンサーを用いているが、上述と同様に、ドップラーセンサーは、プレイヤーが練習中であっても、シーンを連続的に監視する必要があり、同様の課題がある。

[0009] そこで、本発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、赤外線センサーとカメラとを適切に組み合わせることで、ボールの打ち出しから

、当該ボールの飛行パラメータの解析までを精度高く行うことが可能なボール打ち出し解析装置及びボール打ち出し解析方法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

[0010] 本発明に係るボール打ち出し解析装置は、左右の赤外線センサーと、左右のカメラと、設置判定制御部と、出現判定制御部と、消失判定制御部と、次出現判定制御部と、信号発信制御部と、撮影制御部と、算出制御部と、を備える。左右の赤外線センサーは、本装置の左右のそれぞれに設けられ、左検出領域と右検出領域とのそれぞれを検出可能であり、前記左検出領域と前記右検出領域とは、相互に隣接して重複しない。左右のカメラは、本装置の左右のそれぞれに設けられ、前記左検出領域と前記右検出領域とを含む左撮影領域と右撮影領域のそれぞれを撮影可能であり、前記左撮影領域と前記右撮影領域とは、相互に重複する。設置判定制御部は、前記左右のカメラを用いて、前記左撮影領域のうち、前記左検出領域内に予め設定された左トリガー領域と、前記右撮影領域のうち、前記左検出領域内に予め設定された右トリガー領域とのいずれかにボールが設置されたか否かを判定する。出現判定制御部は、前記設置判定制御部により、前記左トリガー領域又は前記右トリガー領域のいずれかに前記ボールが設置されたと判定された場合、当該ボールが設置された設置トリガー領域のカメラに対応する赤外線センサーを用いて、前記設置トリガー領域を含む設置検出領域に物体が出現したか否かを判定する。消失判定制御部は、前記出現判定制御部により、前記設置検出領域に物体が出現したと判定された場合、当該設置検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、前記設置検出領域から前記ボールが消失したか否かを判定する。次出現判定制御部は、前記消失判定制御部により、前記設置検出領域に前記ボールが消失したと判定された場合、当該設置検出領域に隣接した打ち出し検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、前記打ち出し検出領域に前記ボールが出現したか否かを判定する。信号発信制御部は、前記次出現判定制御部により、前記打ち出し検出領域に前記ボールが出現したと判定され

た場合、トリガー信号を発信する。撮影制御部は、前記トリガー信号が発信されると、前記左右のカメラを用いて、前記左撮影領域と前記右撮影領域のボールを連続撮影する。算出制御部は、前記左右のカメラで連続撮影されたボールのボール画像に基づいて、当該ボールの飛行パラメータを算出する。

[0011] 又、本発明に係るボール打ち出し解析方法は、左右の赤外線センサーと、左右のカメラと、を備えたボール打ち出し解析装置のボール打ち出し解析方法であって、設置判定制御工程と、出現判定制御工程と、消失判定制御工程と、次出現判定制御工程と、信号発信制御工程と、撮影制御工程と、算出制御工程と、本発明に係るボール打ち出し解析方法の各制御工程は、本発明に係るボール打ち出し解析装置の各制御部に対応する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、赤外線センサーとカメラとを適切に組み合わせることで、ボールの打ち出しから、当該ボールの飛行パラメータの解析までを精度高く行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明に係るボール打ち出し解析装置でプレイヤーがスイングする際の一例を示す概略図（図1A）と、本発明に係るボール打ち出し解析装置でプレイヤーがスイングした際の一例を示す概略図（図1B）と、である。

[図2]本発明に係るボール打ち出し解析装置の具体的な構成の一例を示す概略図である。

[図3]本発明に係るボール打ち出し解析装置の機能ブロック図である。

[図4]本発明に係るボール打ち出し解析装置の実行手順を示すフローチャートである。

[図5]本発明に係るボール打ち出し解析装置の左右のカメラが起動した場合の一例を示す概略図（図5A）と、左右のカメラで撮影された左撮影画像と右撮影画像でボール画像を特定する場合の一例を示す図（図5B）と、である。

[図6]本発明に係るボール打ち出し解析装置において、プレイヤーがボールを

ティー領域に設置する場合の一例を示す概略図（図 6 A）と、右撮影画像でボール画像が右トリガー領域に入った場合の一例を示す図（図 6 B）と、である。

[図7]ボール打ち出し予測領域が設定された撮影画像と、カメラ座標系と世界座標系との関係を示す概念図の一例を示す図（図 7 A）と、本発明に係るボール打ち出し解析装置において、赤外線検出状態になった場合の一例を示す概略図（図 7 B）と、である。

[図8]本発明に係るボール打ち出し解析装置において、右検出領域にクラブが出現する前の一例を示す図（図 8 A）と、右検出領域にクラブが出現した場合の一例を示す図（図 8 B）と、である。

[図9]本発明に係るボール打ち出し解析装置において、プレイヤーが素振りをした場合の一例を示す概略図（図 9 A）と、右検出領域からボールが消失した場合の一例を示す図（図 9 B）と、である。

[図10]本発明に係るボール打ち出し解析装置において、ボールが打ち出し方向へ飛ばなかった場合の一例を示す概略図（図 10 A）と、ボールが打ち出し方向の前方に飛んだ場合の一例を示す図（図 10 B）と、である。

[図11]本発明に係るボール打ち出し解析装置において、トリガー信号の発信により連続撮影が行われた場合の一例を示す概略図（図 11 A）と、第一の時刻で、右のカメラでボールを撮影し、第二の時刻で、左のカメラでボールを撮影した場合の一例を示す概略図（図 11 B）と、である。

[図12]2つの異なる時刻のボール画像からボールスピードからサイドアングルまでの飛行パラメータを算出する場合の一例を示す図（図 12 A）と、2つの異なる時刻のボール画像からバックスピンとサイドスピンの飛行パラメータを算出する場合の一例を示す図（図 12 B）と、である。

[図13]同一のカメラで2つの異なる時刻の撮影画像を取得する場合の一例を示す図（図 13 A）と、ボール打ち出し予測領域を用いて第一の時刻での第一のボール画像を特定して、設置時点でのボールの世界座標系の中心座標を用いて、飛行パラメータを算出する場合の一例を示す図（図 13 B）と、で

ある。

[図14]本発明に係るボール打ち出し解析装置において、飛行パラメータとスイング動画が表示された場合の一例を示す図である。

[図15]実施例において、第一の時刻で右のカメラでボールを撮影した撮影画像と、第二の時刻で左のカメラでボールを撮影した撮影画像と、設置時点でボール打ち出し予測領域を設定する場合の撮影画像の一例を示す図である。

[図16]実施例において、設置時刻で左右のカメラでボールを撮影した撮影画像と、第一の時刻で右のカメラでボールを撮影した撮影画像と、第二の時刻で左のカメラでボールを撮影した撮影画像の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に、添付図面を参照して、本発明の実施形態について説明し、本発明の理解に供する。尚、以下の実施形態は、本発明を具体化した一例であって、本発明の技術的範囲を限定する性格のものではない。

[0015] 本発明に係るボール打ち出し解析装置1は、図1Aに示すように、平坦な打席Sに設置され、電源投入に対応して、左右の赤外線センサーと左右のカメラとを起動して、それぞれの領域Z（検出領域、撮影領域）を構成する。そして、プレイヤーP（ユーザー）が、領域ZにボールB（例えば、ゴルフボール）を設置すると、ボール打ち出し解析装置1は、ボールBが、領域Zのうち、予め設定されたトリガー領域に設置されたか否かを判定する。

[0016] 次に、ボールBがトリガー領域に設置された場合、ボール打ち出し解析装置1は、例えば、表示部D（モニタ部）に、準備を示すメッセージ（例えば、「READY」）を表示したり、左右のカメラで撮影したボールBのボール画像を表示したりする。

[0017] そして、図1Bに示すように、プレイヤーPが、クラブCでボールBを打ち出すと、ボール打ち出し解析装置1は、領域ZでクラブCの出現から、ボールBの消失までを検出し、ボールBが打ち出されたことを示すトリガー信号を発信する。

[0018] 更に、ボール打ち出し解析装置1は、トリガー信号の発信によって、左右

のカメラで撮影したボールBのボール画像を解析することで、ボールBの飛行パラメータ（例えば、キャリー、ボールスピード、ランチアングル、サイドアングル、バックスピン、サイドスピン等）を算出し、算出した飛行パラメータを表示部Dに表示する。

[0019] 次に、ボール打ち出し解析装置1の具体的な構成について説明する。まず、ボール打ち出し解析装置1は、図2に示すように、左右の赤外線センサー（左の赤外線センサー10a、右の赤外線センサー10bと、左右のカメラ（左のカメラ11a、右のカメラ11b）と、を備える。

[0020] ここで、左右の赤外線センサー10a、10bは、本装置1の左右のそれぞれに設けられ、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとのそれぞれを検出可能であり、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとは、相互に隣接して重複しない。ここで、図2に示すように、左の赤外線センサー10aは、本装置1の下方左側に設置され、右の赤外線センサー10bは、本装置1の下方右側に設置される。そして、左の赤外線センサー10aの左検出領域Z10aと、右の赤外線センサー10bの右検出領域Z10bとは、所定の形状（例えば、長方形形状）に構成され、相互に隣接して重複しない。そして、左右の赤外線センサー10a、10bは、右検出領域Z10aと左検出領域Z10bのそれぞれの反射光の強度の変化に基づいて、右検出領域Z10aと左検出領域Z10bのいずれかのボールBの出現と、クラブC（物体）の出現と、ボールBの消失とを検出する。

[0021] 又、左右の赤外線センサー10a、10bの構成に特に限定は無いが、例えば、図2に示すように、ボール打ち出し解析装置1の左右に長方形形状のスリットを設け、左右のスリットの内側に、赤外線光源とするLED（発光素子）を設け、LEDにより照射される赤外線が所定の形状（例えば、長方形形状）のスリットを通過して、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとを上述の形状（例えば、長方形形状）に構成する。これにより、左右にスリットを設けることで、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとが、全体として所定の形状となり、打席Sに検出領域Zを構成する。

- [0022] 又、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとの打ち出し方向の幅は、適宜設定されるものの、例えば、左検出領域Z10a又は右検出領域Z10bにボールBが置かれた場合、左検出領域Z10a又は右検出領域Z10bのいずれかにのみボールBが存在するように、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとのサイズが設定される。
- [0023] ここで、ボール打ち出し解析装置1の左右のスリットの直下に孔を有し、孔の内側に、赤外線反射光を受光するフォトダイオード（受光素子）を設け、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bの反射光の強度を検出する。そして、左検出領域Z10a又は右検出領域Z10bのいずれかにボールBが置かれると、ボール打ち出し解析装置1は、赤外線検出状態となり、フォトダイオードが、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bの反射光の強度を孔を介して検出する。
- [0024] 又、左右のカメラ11a、11bは、本装置1の左右のそれぞれに設けられる。左のカメラ11aは、本装置1の上方左側に設置され、右のカメラ11bは、本装置1の上方右側に設置される。又、左右のカメラ11a、11bは、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとを含む左撮影領域Z11aと右撮影領域Z11bのそれぞれを撮影可能であり、左撮影領域Z11aと右撮影領域Z11bとは、相互に重複する。ここで、左右のカメラ11a、11bは、一定の視野角を有することから、左のカメラ11aの左撮影領域Z11aは、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとを含み、右のカメラ11bの左撮影領域Z11bは、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとを含む。例えば、左右のカメラ11a、11bの視野角は、三角形状となるため、左のカメラ11aの左撮影領域Z11aと右のカメラ11bの右撮影領域Z11bとは、左検出領域Z10aと右検出領域Z10bとを共通して含み、且つ、一部重複する。
- [0025] そして、図2に示すように、プレイヤーPが、ボール打ち出し解析装置1に対して、右から左に向かってボールBを打ち出す場合は、打席Sの打ち出し方向の前方は、左方となり、打席Sの打ち出し方向の後方は、右方となる

。その場合、左の赤外線センサー１０aと、左のカメラ１１aとは、先に、プレイヤーPの打ち出しを検出し、撮影し、右の赤外線センサー１０bと、右のカメラ１１bとは、後から、プレイヤーPの打ち出しを検出し、撮影する。一方、プレイヤーPが、ボール打ち出し解析装置１に対して、左から右に向かってボールBを打ち出す場合は、打席Sの打ち出し方向の前方は、右方となり、打席Sの打ち出し方向の後方は、左方となる。その場合、右の赤外線センサー１０bと、右のカメラ１１bとは、先に、プレイヤーPの打ち出しを検出し、撮影し、左の赤外線センサー１０aと、左のカメラ１１aとは、後から、プレイヤーPの打ち出しを検出し、撮影する。

[0026] ところで、左のカメラ１１aの左撮影領域Ｚ１１aには、対応する左の赤外線センサー１０aの左検出領域Ｚ１０a内にボールBが設置される左トリガー領域Ｔaが予め設定され、右のカメラ１１bの右撮影領域Ｚ１１bには、対応する右の赤外線センサー１０bの右検出領域Ｚ１０b内にボールBが設置される右トリガー領域Ｔbが予め設定される。ボール打ち出し解析装置１は、この左トリガー領域Ｔaと右トリガー領域ＴbのいずれかにボールBが設置されたか否かを判定する。

[0027] 又、打席Sには、ボールBを設置可能なティー領域ＴEが予め設けられており、ボール打ち出し解析装置１は、プレイヤーPの操作により、左トリガー領域Ｔaと、右トリガー領域Ｔbとのいずれかが、打席Sのティー領域ＴEに重複するように設置される。ここで、図２に示すように、ボール打ち出し解析装置１が、例えば、右のカメラ１１bの右撮影領域Ｚ１１bの右トリガー領域Ｔbがティー領域ＴEに重複するように設置されている。

[0028] ところで、ボール打ち出し解析装置１には、スイングカメラ１２がボール打ち出し解析装置１の上方中央付近に設置されており、スイングカメラ１２は、左のカメラ１１aの左撮影領域Ｚ１１aと右のカメラ１１aの右撮影領域Ｚ１１bとに重複するスイング領域ＳRを撮影する。これにより、プレイヤーPのスイングを撮影することが出来る。

[0029] 又、ボール打ち出し解析装置１には、多種の色で点灯可能な左右のライト

L a、L bがボール打ち出し解析装置1の上方左右に設置されている。更に、ボール打ち出し解析装置1には、様々なメッセージやボール画像、解析結果等を表示可能なモニタDがボール打ち出し解析装置1の上方に設置されている。

[0030] 尚、ボール打ち出し解析装置1には、電源供給部と、制御回路と、通信回路とを備え、電源回路は、各回路と、左右の赤外線センサー10a、10bと、左右のカメラ11a、11bと、スイングカメラ12と、左右のライトL a、L bと、モニタD等に電力を供給する。制御回路は、例えば、図示しないCPU、ROM、RAM等を内蔵しており、CPUは、例えば、RAMを作業領域として利用し、ROM等に記憶されているプログラムを実行する。又、後述する各制御部についても、CPUがプログラムを実行することで当該各部を実現する。又、通信回路は、プレイヤーPの端末装置や携帯端末装置と通信し、ボール打ち出し解析装置1の解析結果を送信したり、プレイヤーPの端末装置や携帯端末装置から情報を受信したりする。

[0031] 次に、図3－図14を参照しながら、本発明の実施形態に係る構成及び実行手順について説明する。まず、プレイヤーPが、ボール打ち出し解析装置1の電源を投入すると（図4：S101）、ボール打ち出し解析装置1が所定の処理を実行し、ボール打ち出し解析装置1の表示制御部101が、左右のカメラ11a、11bを起動する（図4：S102）。具体的には、表示制御部101が、図5Aに示すように、左のカメラ11aで左撮影領域Z11aを撮影可能にし、右のカメラ11bで右撮影領域Z11bを撮影可能にする。

[0032] 次に、表示制御部101は、モニタDでの表示を開始する（図4：S103）。具体的には、表示制御部101は、図5Aに示すように、モニタDに、検出状態を示すメッセージ（例えば、「DETECTING」）を表示する。これにより、プレイヤーPに検出状態を知らせることが出来る。尚、この時点で、モニタDに表示する情報やモニタDが存在しない場合、表示制御部101は、S103の表示を省略しても構わない。

- [0033] 次に、ボール打ち出し解析装置 1 の点灯制御部 102 が、左右のライト L a、L b を用いて、点灯を開始する（図 4：S 104）。具体的には、点灯制御部 102 は、図 5 A に示すように、点灯制御部 102 は、左右のライト L a、L b を、検出状態を示す色（例えば、赤色）に点灯する。これにより、プレイヤー P に検出状態を知らせることが出来る。尚、左右のライト L a、L b が存在しない場合、点灯制御部 102 は、S 104 の表示を省略しても構わない。
- [0034] さて、表示制御部 101 が左右のカメラ 11 a、11 b を起動すると、次に、設置判定制御部 103 は、左右のカメラ 11 a、11 b を用いて、左撮影領域 Z 11 a の左トリガー領域 T a と、右撮影領域 Z 11 b の左トリガー領域 T b とのいずれかにボール B が設置されたか否かを判定する（図 4：S 105）。
- [0035] ここで、設置判定制御部 103 の判定方法に特に限定は無いが、例えば、設置判定制御部 103 は、図 5 B に示すように、左のカメラ 11 a で撮影される左撮影領域 Z 11 a の撮影画像 511 a と、右のカメラ 11 b で撮影される右撮影領域 Z 11 b の撮影画像 511 b とを取得すると、左撮影領域 Z 11 a の撮影画像 511 a と、右撮影領域 Z 11 b の撮影画像 511 b とに、ボール B に対応するボール画像が有るか否かを検索する。
- [0036] ここで、設置判定制御部 103 の検索方法に特に限定は無いが、例えば、設置判定制御部 103 は、左撮影領域 Z 11 a の撮影画像 511 a と、右撮影領域 Z 11 b の撮影画像 511 b とに、所定の画像処理（例えば、二値化処理）を行い、左撮影領域 Z 11 a の撮影画像 511 a 中の物体の外縁（輪郭）と、右撮影領域 Z 11 b の撮影画像 511 b 中の物体の外縁とを抽出する。ここで、二値化処理とは、撮影画像 511 a、511 b を構成する画素の画素値が所定の閾値以上である画素を「1」（白）に変換し、画素値が閾値未満である画素を「0」（黒）に変換する処理を意味する。閾値は、撮影画像 511 a、511 b 中のボール B の外縁が明確になるように予め設定される。

[0037] そして、設置判定制御部103は、抽出された物体の外縁から、外縁で囲まれた画像を物体画像として検出する。例えば、図5Aに示すように、プレイヤーPが、右手HでボールBを持って、ティー領域TEに設置しようとする、図5Bに示すように、左撮影領域Z11aの撮影画像511aには、右手Hの外縁とボールBの外縁とティー領域TEの外縁が抽出されて、右手Hの外縁で囲まれた右手画像500と、ボールBの外縁で囲まれたボール画像501と、ティー領域TEの外縁で囲まれたティー画像502とが抽出される。又、右撮影領域Z11bは、左撮影領域Z11aと一部共通することから、右撮影領域Z11bの撮影画像511bには、右手画像500と、ボール画像501と、ティー画像502とが抽出される。

[0038] 更に、設置判定制御部103は、検出した物体画像に対して、円形に近似する円画像を特定する。設置判定制御部103の円画像の特定方法に特に限定は無いが、例えば、設置判定制御部103は、物体画像503の長辺Lを算出し、算出した長辺Lを直径とした円504の面積S1を算出し、次に、物体画像503の外縁内の面積S2とを算出する。そして、設置判定制御部103は、円504の面積S1を物体画像503の外縁内面積S2で除算した面積比率 $S1/S2$ を算出する。設置判定制御部103は、全ての物体画像503について面積比率 $S1/S2$ を算出し、全ての物体画像503の面積比率 $S1/S2$ のうち、1（-）に最も近い面積比率 $S1/S2$ を有する物体画像503をボール画像として特定する。例えば、図5Bに示すように、右手画像500の面積比率 $S1/S2$ は、1よりも大きくなり、ティー画像502の面積比率 $S1/S2$ は、やや1に近くなり、ボール画像501の面積比率 $S1/S2$ は、1に最も近くなるため、ボール画像501が円画像として特定される。

[0039] ここで、設置判定制御部103がボール画像を円画像として特定することが出来なかった場合、左撮影領域Z11aの左トリガー領域Taと、右撮影領域Z11bの左トリガー領域TbとのいずれにもボールBが設置されていないと判定する（図4：S105NO）。この場合は、設置判定制御部10

3は、S105へ戻って、再度、ボールBの設置の判定を繰り返す。

[0040] 一方、設置判定制御部103は、ボール画像501を円画像として特定することが出来た場合、次に、円画像のボール画像501が特定された撮影領域のトリガー領域の位置情報を取得して、特定されたボール画像501がトリガー領域の内部に含まれているか否かを判定する。ここでは、図5Bに示すように、左撮影領域Z11aの撮影画像511aにボール画像501が円画像として特定されると、設置判定制御部103は、左撮影領域Z11aの左トリガー領域Taの位置情報（例えば、左トリガー領域Taの境界を示すカメラ座標系の座標値）を取得し、ボール画像501と左トリガー領域Taとの位置関係から、ボール画像501が左トリガー領域Taの内部に含まれているか否かを判定する。又、右撮影領域Z11bの撮影画像511bも同様に、右撮影領域Z11bにボール画像501が特定されると、設置判定制御部103は、右撮影領域Z11bの右トリガー領域Tbの位置情報（右トリガー領域Tbの境界を示すカメラ座標系の座標値）を取得し、ボール画像501と右トリガー領域Tbとの位置関係から、ボール画像501が右トリガー領域Tbの内部に含まれているか否かを判定する。

[0041] 判定の結果、ボール画像がトリガー領域の内部に含まれていない場合、例えば、図5Bに示すように、左撮影領域Z11aの撮影画像511aでは、ボール画像501が左トリガー領域Taの外に存在し、右撮影領域Z11bの撮影画像511bでは、ボール画像501が右トリガー領域Tbの外に存在する場合、設置判定制御部103は、左撮影領域Z11aの左トリガー領域Taと、右撮影領域Z11bの右トリガー領域TbとのいずれにもボールBが設置されていないと判定する（図4：S105NO）。この場合は、上述と同様に、設置判定制御部103は、S105へ戻って、再度、ボールBの設置の判定を繰り返す。ここで、例えば、設置判定制御部103は、モニタDに、ボールが検出範囲外であることを示すメッセージ（例えば、「Out of zone」）を表示して、プレイヤーPに、適切な位置にボールを設置するように促しても良い。

[0042] 一方、図6Aに示すように、プレイヤーPが、ティー領域TEにボールBを置いて、ボールBから手を離した場合、図6Bに示すように、設置判定制御部103が、左撮影領域Z11aの撮影画像611aと、右撮影領域Z11bの撮影画像611bとに、所定の画像処理を行い、左撮影領域Z11aの撮影画像611a中の物体の外縁と、右撮影領域Z11bの撮影画像611b中の物体の外縁とを抽出する。次に、設置判定制御部103は、抽出された物体の外縁から、外縁で囲まれた画像を物体画像として検出すると、左撮影領域Z11aの撮影画像611aと右撮影領域Z11bの撮影画像611bには、右手画像600と、ボール画像601と、ティー画像602とが抽出される。更に、設置判定制御部103は、検出した物体画像に対して、円形に近似する円画像を特定すると、左撮影領域Z11aの撮影画像611aと右撮影領域Z11bの撮影画像611bのそれぞれにボール画像601が円画像として特定される。更に、設置判定制御部103は、円画像のボール画像601が特定された左撮影領域Z11aの左トリガー領域Taの位置情報を取得して、左撮影領域Z11aで特定されたボール画像601が左トリガー領域Taの内部に含まれているか否かを判定する。又、設置判定制御部103は、右撮影領域Z11bの右トリガー領域Tbの位置情報を取得して、右撮影領域Z11bで特定されたボール画像601が右トリガー領域Tbの内部に含まれているか否かを判定する。

[0043] 判定の結果、図6Bに示すように、左撮影領域Z11aでボール画像601が左トリガー領域Taの内部に含まれていないが、右撮影領域Z11bでボール画像601が右トリガー領域Tbの内部に含まれている場合、設置判定制御部103は、左撮影領域Z11aの左トリガー領域Taと、右撮影領域Z11bの右トリガー領域TbとのいずれかにボールBが設置されたと判定する（図4：S105YES）。これにより、ボールBの設置を精度高く判定することが可能となる。又、左右のカメラ11a、11bにより、左撮影領域Z11aの左トリガー領域Ta、又は、右撮影領域Z11bの右トリガー領域TbにボールBが検出された場合、ボールBが、左トリガー領域T

a、又は、右トリガー領域T bに置かれたと判定される。

[0044] ここで、例えば、赤外線センサーのみで、ボールBの設置を判定する場合、プレイヤーPの手やクラブCが、ノイズになって、ボールBが設置していないにもかかわらず、ボールBが設置されたと誤検知されることがあった。又、ボールBが所望の位置に設定されていないにもかかわらず、赤外線センサーによって、ボールBが設置されていたと誤検知されることがあった。本発明では、左右のカメラ11 a、11 bの撮影画像を解析することで、誤検知を生じさせることなく、ボールBの設置を精度高く判定することが出来るのである。

[0045] 更に、本発明では、撮影画像にトリガー領域を設けて、特定されたボール画像がトリガー領域の内部に含まれた場合に、ボールBが設置されたと判定する。つまり、トリガー領域とボールBとの位置関係を使って、ボールBがトリガー領域内に入った場合にのみ、ボールBの設置を判定する。ここで、トリガー領域は、左右の赤外線センサー10 a、10 bが確実に検出可能な領域であることから、プレイヤーPに、左右の赤外線センサー10 a、10 bで検出可能なトリガー領域にボールBを正確に設置させることが出来るのである。

[0046] ところで、上述では、設置判定制御部103が、左撮影領域Z11 aの左トリガー領域T aと、右撮影領域Z11 bの右トリガー領域T bとのいずれかにボールBが設置されたか否かを判定したが、これに限らず、例えば、設置判定制御部103が、左右のカメラ11 a、11 bのうち、プレイヤーPによって予め設定されたカメラを用いて、撮影領域のトリガー領域にボールBが設置されたか否かを判定しても良い。例えば、プレイヤーPの利き手（右利き又は左利き）の情報がボール打ち出し解析装置1に設定されると、設置判定制御部103は、プレイヤーPの利き手に対応するカメラを用いて、撮影領域のトリガー領域にボールBが設置されたか否かを判定する。具体的には、プレイヤーPの利き手が右利きの場合、プレイヤーPは、ボール打ち出し解析装置1に対して右から左に向かってボールBを打ち出すため、設置

判定制御部103が、右のカメラ11bを用いて、右撮影領域Z11bのトリガー領域TbにボールBが設置されたか否かを判定する。一方、プレイヤーPの利き手が左利きの場合、プレイヤーPは、ボール打ち出し解析装置1に対して左から右に向かってボールBを打ち出すため、設置判定制御部103が、左のカメラ11aを用いて、左撮影領域Z11aのトリガー領域TaにボールBが設置されたか否かを判定する。これにより、処理量を減らして、ボールBの設置を精度高く判定することが可能となる。

[0047] 又、設置判定制御部103が、左撮影領域Z11aの左トリガー領域Taと、右撮影領域Z11bの左トリガー領域TbとのいずれかにボールBが設置されたと判定した際に、判定に用いたボール画像601のカメラ座標系の中心座標と、ボール画像601の半径と、カメラキャリブレーション情報と、余弦の法則とを用いて、ボールBの世界座標系（実座標系）の中心座標を算出しても良い。ここで、カメラ座標系は、図7Aに示すように、カメラ（例えば、左のカメラ11a）の焦点距離 f に対応する撮影画像Pの中心 C_i を原点とし、撮影画像Pの左右方向 x_i を x 軸方向とし、撮影画像の上下方向 y_i を y 軸方向とする。又、世界座標系は、カメラ（左のカメラ11a）の中心 C_R を原点とし、カメラの左右方向 x_r を x 軸方向とし、カメラの上下方向 y_r を y 軸方向とし、カメラの前後方向 z_r （奥行方向）を z 軸方向とする。カメラキャリブレーション情報とは、カメラ座標系における任意点と、世界座標系における対応点とを関連付ける情報であり、例えば、Kマトリックス、Pマトリックス等を挙げることが出来る。撮影画像Pは、カメラ（右のカメラ11a）の中心 C_R から撮影画像Pに向かって z 軸方向に焦点距離 f だけ離れた位置に、 z 軸に対して垂直に位置する。又、カメラキャリブレーション情報では、カメラ座標系の x 軸座標と y 軸座標と、世界座標系の x 座標と y 座標との変換を行う。又、ボール画像の半径 b_{0i} と、余弦の法則とを用いて、カメラ座標系の z 軸座標と、世界座標系の z 軸座標との変換を行う。ここでは、ボール画像601のカメラ座標系の中心座標 b_{0c} （ b_{0x_i} 、 b_{0y_i} ）と、ボール画像601の半径 b_{0i} と、カメラ（右の

カメラ11a)のカメラキャリブレーション情報と、ボール画像601の両端部とカメラ(右のカメラ11a)の中心CRとがなす角度 θ を用いた余弦の法則とを用いて、ボールBの世界座標系の中心座標 $b0c$ ($b0xr$ 、 $b0yr$ 、 $b0zr$)を算出する。これにより、打ち出し直後のボールBの世界座標系の中心座標と組み合わせることで、ボールBの飛行パラメータを精度高く算出することが出来る。

[0048] 又、設置判定制御部103が、左撮影領域Z10aの左トリガー領域Taと、右撮影領域Z10bの右トリガー領域TbとのいずれかにボールBが設置されたと判定した際に、判定に用いた撮影画像において、ボール画像601を含み、ボールBの打ち出し方向に沿ったボール打ち出し予測領域PRを設定しても良い。ここで、図7Aに示すように、判定に用いた撮影画像が右撮影画像611b(一方向の撮影画像)の場合は、ボール画像601を含み、ボールBの打ち出し方向に対応するボール画像601の右方向(一方向)(世界座標系では、左方向)に沿って所定の形状(例えば、四角形状)のボール打ち出し予測領域PRが設定される。又、ボール打ち出し予測領域PRの形状は適宜設計される。これにより、打ち出し直後のボールBを撮影した際に、ボール画像の特定を容易にするとともに、処理量を低減することが可能となる。

[0049] さて、設置判定制御部103の判定が完了すると(図4:S105YES)、次に、ボール打ち出し解析装置1が、赤外線検出状態へ移行し、ボール打ち出し解析装置1の出現判定制御部104が、ボールBが設置された設置トリガー領域(ここでは、右トリガー領域Tb)のカメラ(ここでは、右のカメラ11b)に対応する赤外線センサー(ここでは、右の赤外線センサー10b)を起動する(図4:S106)。具体的には、出現判定制御部104が、図7Bに示すように、右の赤外線センサー10bで右検出領域Z10bを検出可能とする。尚、右の赤外線センサー10bのみを起動(オン)するだけでなく、左の赤外線センサー10aと右の赤外線センサー10bの両方を起動されても構わない。

- [0050] 次に、表示制御部101は、図7Bに示すように、モニタDに、準備状態を示すメッセージ（例えば、「READY」）を表示する。これにより、プレイヤーPに準備状態を知らせることが出来る。
- [0051] 又、表示制御部101は、ボールBの設置が判定された撮影画像を撮影するカメラを用いて、ボールBが設置された撮影画像をモニタDに表示する。ここで、図7Bに示すように、右のカメラ11bの右撮影領域Z11bでボールBの設置が判定されたことから、表示制御部101は、右のカメラ11bの右撮影領域Z11bの撮影画像71bをモニタDに表示する。これにより、プレイヤーPが、ボールBが設置された撮影画像71bをモニタDで確認することが出来る。
- [0052] 又、表示制御部101は、スイングカメラ12を起動して（図4：S107）、プレイヤーPのスイングを撮影する。これにより、プレイヤーPがスイングする前からスイングした後までのスイング動画を撮影することが出来る。尚、スイングカメラ12が存在しない場合、表示制御部101は、S107の起動を省略しても構わない。
- [0053] 又、点灯制御部102は、図7Bに示すように、左右のライトLa、Lbの色を、準備状態を示す色（例えば、緑色）に変更する（図4：S108）。これにより、プレイヤーPにスイングの準備状態を知らせることが出来る。尚、左右のライトLa、Lbが存在しない場合、点灯制御部102は、S108の変更を省略しても構わない。
- [0054] 次に、出現判定制御部104が、右の赤外線センサー10bを用いて、当該ボールBが設置された設置トリガー領域（右トリガー領域Tb）を含む設置検出領域（右検出領域Z10b）に物体が出現したか否かを判定する（図4：S109）。
- [0055] ここで、出現判定制御部104の判定方法に特に限定は無いが、例えば、図8Aに示すように、出現判定制御部104は、右の赤外線センサー10bの右検出領域Z10bの反射光の強度を取得する。そして、出現判定制御部104は、右検出領域Z10bの反射光の強度の変化値が第一の出現閾値を

超えるか否かを判定する。尚、第一の出現閾値は、例えば、クラブCからの反射光の強度に基づいて適宜設定される。

[0056] ここで、右検出領域Z10bの反射光の強度の変化値が第一の出現閾値を超過した場合、出現判定制御部104は、右検出領域Z10bに物体が出現したと判定する。一方、右検出領域Z10bの反射光の強度の変化値が第一の出現閾値内の場合、出現判定制御部104は、右検出領域Z10bに物体が出現しないと判定する。この場合は、出現判定制御部104は、継続して、右検出領域Z10bの反射光の強度を取得し、上述の判定を繰り返す。

[0057] さて、プレイヤーPが、例えば、打席Sから離れて素振りをした場合、右検出領域Z10bの反射光の強度は変化しないため、出現判定制御部104は、設置検出領域に物体が出現しないと判定する（図4：S109NO）。この場合は、出現判定制御部104は、S109へ戻って、物体の出現の判定を繰り返す。

[0058] 一方、図8Bに示すように、プレイヤーPがクラブCを用いてボールBを打ち出そうとした場合、クラブCが右検出領域Z10bに出現すると、出現判定制御部104は、右検出領域Z10bの反射光の強度の変化値が第一の出現閾値を超過したと判定し、設置検出領域に物体が出現したと判定する（図4：S109YES）。これにより、プレイヤーPの他の場所の素振りを検出すること無く、プレイヤーPがクラブCでボールBを打ち出そうとしていることを精度高く検出することが可能となる。

[0059] さて、出現判定制御部104の判定が完了すると（図4：S109YES）、次に、ボール打ち出し解析装置1の消失判定制御部105は、当該設置検出領域（右検出領域Z10b）に対応する赤外線センサー（右の赤外線センサー10b）を用いて、当該物体が出現した設置検出領域（右検出領域Z10b）からボールBが消失したか否かを判定する（図4：S110）。

[0060] ここで、消失判定制御部105の判定方法に特に限定は無いが、例えば、消失判定制御部105が、右の赤外線センサー10bの右検出領域Z10bの反射光の強度を取得する。そして、消失判定制御部105が、右検出領域

Z 1 0 b の反射光の強度の変化値が所定の消失閾値を超えるか否かを判定する。尚、消失閾値は、ボール B からの反射光の強度に基づいて適宜設定される。

[0061] ここで、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度の変化値が消失閾値を超過した場合、消失判定制御部 1 0 5 は、右検出領域 Z 1 0 b からボール B が消失したと判定する。一方、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度の変化値が消失閾値内の場合、消失判定制御部 1 0 5 は、右検出領域 Z 1 0 b からボール B が消失しないと判定する。この場合は、消失判定制御部 1 0 5 は、継続して、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度を取得し、上述の判定を繰り返す。

[0062] ここで、図 9 A に示すように、プレイヤー P がクラブ C を用いてボール B を打ち出さずに、単に素振りをした場合、クラブ C は、設置検出領域 Z 1 0 b を通過して、隣の検出領域 Z 1 0 a に出現するが、ボール B は、設置検出領域 Z 1 0 b に存在したままとなる。すると、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度は、一時的に変化するものの、ボール B の存在により、最終的に、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度の変化値が消失閾値内となる。そのため、消失判定制御部 1 0 5 は、設置検出領域 Z 1 0 b からボール B が消失しないと判定する（図 4 : S 1 1 0 N O）。この場合は、消失判定制御部 1 0 5 は、S 1 1 0 へ戻って、ボール B の消失の判定を繰り返す。

[0063] 一方、図 9 B に示すように、プレイヤー P がクラブ C を用いてボール B を打ち出した場合、ボール B は、クラブ C とともに設置検出領域 Z 1 0 b を通過して、ボール B が前方に移動する。すると、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度が変化して、右検出領域 Z 1 0 b の反射光の強度の変化値が消失閾値を超過する。そのため、消失判定制御部 1 0 5 は、設置検出領域 Z 1 0 b からボール B が消失したと判定する（図 4 : S 1 1 0 Y E S）。これにより、プレイヤー P の単なる素振りを検出すること無く、ボール B が確実に打ち出される場合を正確に検出することが可能となる。

[0064] さて、消失判定制御部 1 0 5 の判定が完了すると（図 4 : S 1 1 0 Y E S）、次に、ボール打ち出し解析装置 1 の次出現判定制御部 1 0 6 は、設置検

出領域 Z 1 0 b に隣接した打ち出し検出領域（ここでは、左検出領域 Z 1 0 a）に対応する赤外線センサー（ここでは、左の赤外線センサー 1 0 a）を用いて、打ち出し検出領域（左検出領域 Z 1 0 a）にボール B が出現したか否かを判定する（図 4 : S 1 1 1）。

[0065] ここで、次出現判定制御部 1 0 6 の判定方法に特に限定は無いが、例えば、次出現判定制御部 1 0 6 が、左の赤外線センサー 1 0 a の左検出領域 Z 1 0 a の反射光の強度を取得する。そして、次出現判定制御部 1 0 6 が、左検出領域 Z 1 0 a の反射光の強度の変化値が第二の出現閾値を超えるか否かを判定する。尚、第二の出現閾値は、ボール B からの反射光の強度に基づいて適宜設定される。

[0066] ここで、左検出領域 Z 1 0 a の反射光の強度の変化値が第二の出現閾値を超過した場合、次出現判定制御部 1 0 6 は、左検出領域 Z 1 0 a に物体が出現したと判定する。一方、左検出領域 Z 1 0 a の反射光の強度の変化値が第二の出現閾値内の場合、出現判定制御部 1 0 4 は、左検出領域 Z 1 0 a に物体が出現しないと判定する。この場合は、次出現判定制御部 1 0 6 は、継続して、左検出領域 Z 1 0 a の反射光の強度を取得し、上述の判定を繰り返す。

[0067] ここで、図 1 0 A に示すように、プレイヤー P がクラブ C を用いてボール B を打ち出した際に、何らかの原因で、ボール B が打ち出し方向の前方に飛ばずに、打ち出し方向の左右へ飛んだり、逆戻りしたりして、ボールが打ち出し方向へ飛ばなかった場合、左検出領域 Z 1 0 a にボール B は出現しない。すると、次出現判定制御部 1 0 6 は、左検出領域 Z 1 0 a の反射光の強度の変化値が第二の出現閾値内であると判定する（図 4 : S 1 1 1 N O）。この場合は、一度、ボール B が消失していることから、次出現判定制御部 1 0 6 は、S 1 0 5 へ戻って、再度、設置判定制御部 1 0 3 が、ボール B の設置を判定する。この場合、この戻り工程 S 1 0 5 では、赤外線センサー（例えば、右の赤外線センサー 1 0 b のみ、又は、左の赤外線センサー 1 0 a と右の赤外線センサー 1 0 b の両方）は、停止（オフ）される。

- [0068] 一方、図10Bに示すように、プレイヤーPがクラブCを用いてボールBを前方に打ち出した場合、ボールBは、左検出領域Z10aに出現する。すると、次出現判定制御部106は、左検出領域Z10aの反射光の強度の変化値が第二の出現閾値を超過したと判定し、左検出領域Z10aにボールBが出現したと判定する（図4：S111YES）。これにより、ボールBの変な打ち出しを検出すること無く、ボールBが打ち出し方向に確実に打ち出されたことを検出することが可能となる。
- [0069] さて、次出現判定制御部106の判定が完了すると（図4：S111YES）、次に、ボール打ち出し解析装置1の信号発信制御部107は、トリガー信号を発信する（図4：S112）。このトリガー信号の発信時刻により、ボールBの打ち出し時刻を推定することが出来る。
- [0070] 次に、信号発信制御部107の発信が完了すると（図4：S112）、次に、ボール打ち出し解析装置1の撮影制御部108は、左右のカメラ11a、11bを用いて、左撮影領域Z11aと右撮影領域Z11bのボールBを連続撮影する（図4：S113）。
- [0071] ここで、撮影制御部108の連続撮影方法に特に限定は無いが、例えば、撮影制御部108が、トリガー信号を受信すると、図11Aに示すように、左右のカメラ11a、11bを用いて、所定の撮影速度（例えば、1000fps）で連続撮影を行う。ここで、連続撮影方法に特に限定は無いが、例えば、左右のカメラ11a、11bが低速撮影カメラの場合、左右のカメラ11a、11bに高速撮影のソフトウェアを適用することで、低速撮影カメラであっても、高速撮影を可能とすることが出来る。又、左右のカメラ11a、11bが高速撮影カメラの場合、撮影制御部108が、左右のカメラ11a、11bで高速撮影すればよい。
- [0072] ここでは、図11Bに示すように、撮影制御部108は、トリガー信号の発信時刻t0の直後の第一の時刻t1で、設置検出領域Z10bの赤外線センサー（右の赤外線センサー10b）に対応する右のカメラ11bを用いて、右撮影領域Z11bのボールBを撮影して、右撮影画像1111bを取得

し、第一の時刻 t_1 に所定の時間 (Δt) を加算した第二の時刻 t_2 で、打ち出し検出領域 Z_{10a} の赤外線センサー $10a$ に対応する左のカメラ $11a$ を用いて、左撮影領域 Z_{11a} のボール B を撮影して、左撮影画像 $111a$ を取得する。尚、所定の時間 (Δt) は、カメラの性能によって適宜設定される。これにより、ボール B の打ち出し方向に沿った順番で、右のカメラ $11b$ と左のカメラ $11a$ とで撮影することで、高速なボール B であっても連続撮影を可能とする。

[0073] さて、撮影制御部 108 が連続撮影を完了すると (図4 : S_{113})、次に、ボール打ち出し解析装置 1 の算出制御部 109 は、左右のカメラ $11a$ 、 $11b$ で連続撮影されたボール B のボール画像に基づいて、当該ボール B の飛行パラメータを算出する (図4 : S_{114})。

[0074] ここで、算出制御部 109 の算出方法に特に限定は無いが、例えば、算出制御部 109 が、連続撮影された2つの撮影画像に、上述した S_{105} の画像処理を行うことで、2つの異なる時刻の撮影画像からボール画像を特定する。例えば、算出制御部 109 は、図 $11B$ に示すように、第一の時刻 t_1 での第一の撮影画像 (ここでは、右撮影画像 $1111b$) と、第二の時刻 t_2 での第二の撮影画像 (ここでは、左撮影画像 $1111a$) とのそれぞれに画像処理を行う。そして、算出制御部 109 は、第一の時刻 t_1 での第一の撮影画像 $1111b$ から第一のボール画像 b_1 を特定するとともに、第二の時刻 t_2 での第二の撮影画像 $1111a$ から第二のボール画像 b_2 を特定する。

[0075] 次に、算出制御部 109 は、上述した S_{105YES} の画像処理を行うことで、特定したボール画像のカメラ座標系の中心座標と、ボール画像の半径と、カメラキャリブレーション情報と、余弦の法則とを用いて、ボール画像の世界座標系の中心座標を算出する。ここでは、算出制御部 109 は、図 $12A$ に示すように、第一のボール画像 b_1 のカメラ座標系の中心座標 b_{1c} (b_{1xi} 、 b_{1yi}) と、第一のボール画像 b_1 の半径 b_{1i} と、右のカメラ $10b$ のカメラキャリブレーション情報と、余弦の法則とを用いて、第

一のボール画像 b_1 に対応する第一のボール B (第一の時刻 t_1 のボール B) の世界座標系の中心座標 b_{1c} (b_{1x_r} , b_{1y_r} , b_{1z_r}) を算出する。次に、算出制御部 109 は、第二のボール画像 b_2 のカメラ座標系の中心座標 b_{2c} (b_{2x_i} , b_{2y_i}) と、第二のボール画像 b_2 の半径 b_{2i} と、左のカメラ 10a のカメラキャリブレーション情報と、余弦の法則とを用いて、第二のボール画像 b_2 に対応する第二のボール B (第二の時刻 t_2 のボール B) の世界座標系の中心座標 b_{2c} (b_{2x_r} , b_{2y_r} , b_{2z_r}) を算出する。

[0076] そして、算出制御部 109 は、2つの異なる時刻のボール B の世界座標系の中心座標を用いて、飛行パラメータのうち、ボールスピード BS (m/s) と、ランチアングル LA (度) と、サイドアングル SA (度) とを算出する。ここで、ボールスピード BS とは、第二のボール B の世界座標系の中心座標 b_{2c} (b_{2x_r} , b_{2y_r} , b_{2z_r}) と第一のボール B の世界座標系の中心座標 b_{1c} (b_{1x_r} , b_{1y_r} , b_{1z_r}) との間のボール距離を、第二の時刻 t_2 から第一の時刻 t_1 を減算した減算時間で除算した除算値である。ランチアングル LA とは、ボール距離と、水平面とで形成される角度を意味する。サイドアングル SA とは、ボール B の打ち出し方向に対する左右の曲がり方向の角度であり、例えば、打ち出し方向の x 軸方向に対する左右の曲がり方向の z 軸方向の角度を意味する。又、算出制御部 109 は、ボールスピード BS と、ボール B の放物線の公式とを用いて、キャリー CA (m) を算出する。キャリー CA は、ボール B を打った地点から落下点までの距離であり、ボールスピード BS を初速度としてボール B の放物線の公式に代入することで求めることが出来る。又、キャリー CA は、 m からヤード (YDS) へ変換することが可能であり、1 ヤードは、 $0.9144 m$ である。このように、2つの異なる時刻のボール画像の世界座標系の中心座標から、ボールスピード BS と、ランチアングル LA と、サイドアングル SA と、キャリー CA とを算出することが出来る。

[0077] 又、算出制御部 109 は、2つの異なる時刻のボール画像 b_1 、 b_2 を用

いて、ボールBの回転軸 $SX0$ と、回転率 $TS0$ を算出する。例えば、図12Bに示すように、算出制御部109が、第一の時刻 $t1$ の第一のボール画像 $b1$ のサイズを、第二の時刻 $t2$ の第二のボール画像 $b2$ のサイズに一致させて、サイズを一致させた第一のボール画像 $b1$ を仮想的に回転させて、仮想的に回転させた第一のボール画像 $b1$ の表面画像を、第二のボール画像 $b2$ の表面画像に一致させる。算出制御部109は、表面画像が一致した第一のボール画像 $b1$ の仮想的に回転させた場合の回転軸 $SX0$ と、回転率 $TS0$ とを算出する。そして、算出制御部109は、算出した回転軸 $SX0$ と、回転率 $TS0$ とを用いて、バックスピン $BS(rpm)$ と、サイドスピン $SS(rpm)$ とを算出する。バックスピン BS とは、ボールBの打ち出し方向と逆方向の回転速度を意味し、サイドスピン SS とは、ボールBの打ち出し方向に対して左右の曲がり方向の回転速度を意味し、例えば、打ち出し方向の x 軸方向に対する左右の曲がり方向の z 軸方向の回転速度を意味する。このように、2つの異なる時刻のボール画像から、バックスピン BS と、サイドスピン SS とを算出することが出来る。

[0078] 上述のように、飛行パラメータは、例えば、ボールスピード BS と、ランチアングル LA と、サイドアングル SA と、キャリー CA と、バックスピン BS と、サイドスピン SS とを挙げることが出来るが、これら以外の飛行パラメータが追加されても構わない。

[0079] ところで、上述では、撮影制御部108は、第一の時刻 $t1$ で、右のカメラ11bを用いてボールBを撮影し、第二の時刻 $t2$ で、左のカメラ11aを用いて撮影したが、これに限らず、例えば、カメラが高性能カメラの場合、図13Aに示すように、撮影制御部108は、第一の時刻 $t1$ で、右のカメラ11bを用いて、右撮影領域 $Z11b$ のボールBを撮影して、右撮影画像1311bを取得し、第二の時刻 $t2$ で、同一の右のカメラ11bを用いて、右撮影領域 $Z11b$ のボールBを撮影して、右撮影画像1311bを取得しても良い。この場合は、算出制御部109は、第一の時刻 $t1$ と第二の時刻 $t2$ での二つの右撮影画像1311bを用いて、ボールBの飛行パラメ

ータを算出すれば良い。

[0080] 又、上述では、算出制御部109は、撮影画像の全てに上述したS105の画像処理を行うことで、ボール画像を特定したが、これに限らず、例えば、設置判定制御部103が、撮影画像に対してボール打ち出し予測領域PRを設定した場合、図13Bに示すように、算出制御部109は、第一の時刻 t_1 での撮影画像1411bにボール打ち出し予測領域PRを設定し、当該ボール打ち出し予測領域PRに上述した所定の画像処理を行って、第一のボール画像b1を特定して、ボールBの飛行パラメータを算出しても良い。これにより、ボール画像の特定の容易性と処理量の低減を図ることが出来る。

[0081] 更に、上述では、図12に示すように、算出制御部109は、第一の時刻 t_1 での右撮影画像1111bと第二の時刻 t_2 での右撮影画像1111aを用いて、ボールBの飛行パラメータを算出したが、これに限らず、例えば、設置判定制御部103が、設置時点（言い換えると、トリガー信号の発信時刻 t_0 、又は、ボールBが設置トリガーゾーンに現れた時刻 t_0 ）でのボールBの世界座標系の中心座標 b_0c (b_0x_r 、 b_0y_r 、 b_0z_r)を、第一の時刻 t_1 での第一のボールBの世界座標系の中心座標 b_1c (b_1x_r 、 b_1y_r 、 b_1z_r)と、第二のボールBの世界座標系の中心座標 b_2c (b_2x_r 、 b_2y_r 、 b_2z_r)に加えて、ボールBの飛行パラメータを算出しても良い。これにより、ボールBの飛行パラメータを精度高く算出することが出来る。尚、時刻 t_0 は、例えば、設置されたボールBの世界座標系の中心座標 b_0c に対応し、時刻 t_1 は、装置がトリガー信号を受信した後に移動したボールBの最初の撮影画像を撮影した時刻であり、第一のボールBの世界座標系の中心座標 b_1c に対応する。時刻 t_2 は、時刻 t_1 から一定時間経過後（例えば、1ms、1000fpsに相当）に移動したボールBの二番目の撮影画像を撮影した時刻であり、第二のボールBの世界座標系の中心座標 b_2c に対応する。

[0082] さて、算出制御部109が飛行パラメータの算出を完了すると（図4：S114）、次に、算出制御部109は、算出後の飛行パラメータが正常か否

かを判定する（図４：Ｓ１１５）。

- [0083] ここで、算出制御部１０９の判定方法に特に限定は無いが、例えば、算出制御部１０９は、所定のメモリに予め設定された飛行パラメータ正常範囲を参照して、算出後の飛行パラメータが、飛行パラメータ正常範囲に含まれるか否かを判定する。具体的には、飛行パラメータがボールスピードＢＳの場合、飛行パラメータ正常範囲は、例えば、 1 m/s 以上と設定され、算出制御部１０９は、算出後の飛行パラメータのボールスピードＢＳが飛行パラメータ正常範囲の 1 m/s 以上かを判定する。ボールスピードＢＳが飛行パラメータ正常範囲の 1 m/s 以上の場合は、ボールＢは正常に飛行したと判定することが出来る。又、飛行パラメータがランチアングルＬＡの場合、飛行パラメータ正常範囲は、例えば、 70 度以下と設定され、算出制御部１０９は、算出後の飛行パラメータのランチアングルＬＡが飛行パラメータ正常範囲の 70 度以下かを判定する。ランチアングルＬＡが飛行パラメータ正常範囲の 70 度以下の場合は、ボールＢは正常に飛行したと判定することが出来る。このような処理は、飛行パラメータの種類に応じて適宜設計され、全ての飛行パラメータに行われたり、特定の飛行パラメータだけ行われたりすることが出来る。このように、飛行パラメータが正常か否かを判定することで、何らかの原因で計算ミスが生じた場合に、それを判定することが出来る。
- [0084] 判定の結果、算出後の飛行パラメータが正常でない場合、算出制御部１０９は、プレイヤーＰのショットが失敗した判定する（図４：Ｓ１１５ＮＯ）。この場合、算出後の飛行パラメータが表示されず、Ｓ１０５へ移行して、再度、プレイヤーＰへボールＢの設置を促す。
- [0085] 一方、判定の結果、算出後の飛行パラメータが正常である場合、算出制御部１０９は、プレイヤーＰのショットが成功した判定する（図４：Ｓ１１５ＹＥＳ）。これにより、適切な飛行パラメータだけを表示させることが出来る。尚、Ｓ１１５の判定処理は、省略しても構わない。
- [0086] さて、算出制御部１０９が算出を完了すると、表示制御部１０１は、算出された飛行パラメータをモニタＤに表示する（図４：Ｓ１１６）。

- [0087] ここで、表示制御部101の表示方法に特に限定は無いが、例えば、図14に示すように、表示制御部101は、算出されたキャリーCA (YDS) と、ボールスピードBS (m/s) と、ランチアングルLA (DEG) と、サイドアングルSA (DEG) と、バックスピンBS (RPM) と、サイドスピンSS (RPM) との数値をモニタDの画面1400に表示する。これにより、プレイヤーPは、自身のスイングについてのボールBの飛行パラメータを知ることが出来る。
- [0088] 又、スイングカメラ12が起動している場合（図4：S107）、表示制御部101は、飛行パラメータを表示すると（図4：S116）、スイングカメラ12で撮影した動画（又は画像）を表示する（図4：S117）。ここで、上述のように、ボールBの打ち出しを示すトリガー信号の発信時刻を用いて、表示制御部101が、トリガー信号の発信時刻の前後の動画をスイング動画として取得して、図14に示すように、プレイヤーPがスイングする前からスイングした後までのスイング動画1401を表示する。これにより、プレイヤーPは、自身のスイングについて動画（又は画像）で確認することが出来る。尚、スイングカメラ12が存在しない場合、表示制御部101は、S117の起動を省略しても構わない。
- [0089] そして、表示制御部101が、飛行パラメータを表示した後（図4：S116）、又は、スイングカメラ12で撮影した動画を表示した後（図4：S117）、ボール打ち出し解析装置1は、処理を終了する。プレイヤーPが、又、スイングする場合は、ボール打ち出し解析装置1を操作することで、S101又はS102へ戻って、上述した処理を繰り返す。プレイヤーPが新たなスイングを行うために、処理が戻る場合、必要に応じて、ボール打ち出し解析装置1は、S103、S104、又は、S105に戻ることが出来る。具体的には、ボール打ち出し解析装置1により、LEDが赤色に点灯し、画面がボール検索表示に切り替わる。
- [0090] このように、本発明では、赤外線センサーとカメラとを適切に組み合わせることで、ボールの打ち出しから、当該ボールの飛行パラメータの解析まで

を精度高く行うことが可能となる。

実施例

[0091] 以下、実施例等によって本発明の効果を具体的に説明するが、本発明はこれにより限定されるものではない。

[0092] 先ず、図1－図14に基づいてボール打ち出し解析装置1を試作し、このボール打ち出し解析装置1を実施例とした。実施例のボール打ち出し解析装置1を用いて、プレイヤーPがボールBを打ち出した際の撮影画像を取得すると、図15に示すように、第一の時刻 t_1 での撮影画像1511bと、第二の時刻 t_2 での撮影画像1511aとを得ることが出来た。これらの二つの撮影画像を用いると、正常な飛行パラメータを算出することが出来た。

[0093] 又、図15に示すように、設置時点 t_0 において、撮影画像1511b0にボール打ち出し予測領域PRを設定することで、第一の時刻 t_1 での撮影画像1511bでの第一のボール画像b1の特定に要する処理量が低減し、第一のボール画像b1の特定が容易になった。

[0094] 次に、設置時刻 t_0 での撮影画像と、第一の時刻 t_1 での撮影画像と、第二の時刻 t_2 での撮影画像とを用いて、飛行パラメータを算出した。実施例のボール打ち出し解析装置1が、ボールBがトリガー領域に設置されたと判定すると、図16に示すように、左のカメラ11aで設置時刻 t_0 での第一の撮影画像1611a0と、右のカメラ11bで設置時刻 t_0 での第二の撮影画像1611b0とを取得して、ボールBの世界座標系の中心座標を算出した。次に、ボールBがプレイヤーPにより打ち出されると、実施例のボール打ち出し解析装置1が、左右の赤外線センサー10a、10bを用いて、ボールBの打ち出しを検出して、右のカメラ11bで第一の時刻 t_1 での第三の撮影画像1611b1を取得し、左のカメラ11aで第二の時刻 t_2 での第四の撮影画像1611a2を取得した。そして、実施例のボール打ち出し解析装置1が、第一の撮影画像1611a0と、第二の撮影画像1611b0と、第三の撮影画像1611b1と、第四の撮影画像1611a2とを用いて、飛行パラメータを算出すると、ボールスピードBSは、28.4（

m/s) となり、ランチアングル $L A$ は、 22.4 (度) となり、サイドアングル $S A$ は、 3.6 (度) となり、バックスピン $B S$ は、 3335.1 (rpm) となり、サイドスピン $S S$ は、 487.3 (rpm) となった。又、バックスピン $B S$ とサイドスピン $S S$ から、回転軸 $S X O$ (SPIN AXIS) は、 8.3 (rpm) となり、回転率 $T S O$ (TOTAL SPIN) は、 3370.5 (rpm) となった。これらの値は、市販の飛行パラメータ解析装置の値と同等であり、正常な飛行パラメータであった。

[0095] 尚、本発明の実施形態では、ゴルフボールに適用したボール打ち出し解析装置 1 を説明したが、これに限らず、本発明は、停止したボール B を打ち出す球技、ベースボール、テニス、サッカー、ラグビー、アイスホッケ、ゲートボール等のボールの打ち出しから、当該ボールの飛行パラメータの解析までを行う装置として幅広く適用することが出来る。

[0096] 又、本発明の実施形態では、赤外線センサーにスリットを用いて長方形状の検知領域を形成したが、これに限らず、多種多様の形状の検知領域を形成しても良い。更に、本発明の実施形態では、先ず、設置トリガー領域のカメラに対応する赤外線センサーを用いて、設置検出領域に物体が出現したか否かを判定し、その物体が消失すると、設置検出領域に隣接した打ち出し検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、ボールが出現したか否かを判定したが、これに限らない。例えば、左トリガー領域内又は右トリガー領域内のいずれかにボールが設置された場合に、設置トリガー領域のカメラに対応する赤外線センサーを用いて、ボールが出現したか否かを判定し、設置検出領域に隣接した打ち出し検出領域に対応する赤外線センサーも起動しておいて、後から、ボールが出現したか否かを判定しても良い。つまり、その場合は、左右の赤外線センサー $10a$ 、 $10b$ を起動させておいても良い。

[0097] 又、本発明の実施形態では、ボール打ち出し解析装置 1 が各制御部を備えるよう構成したが、当該各制御部を実現するプログラムを記憶媒体に記憶させ、当該記憶媒体を提供するよう構成しても構わない。当該構成では、プログラムを装置に読み出させ、当該装置が各制御部を実現する。その場合、記

録媒体から読み出されたプログラム自体が本発明の作用効果を奏する。さらに、各制御部が実行する工程をハードディスクに記憶させる方法として提供することも可能である。

産業上の利用可能性

[0098] 以上のように、本発明に係るボール打ち出し解析装置及びボール打ち出し解析方法は、停止したボールを打ち出すあらゆる球技に適用される装置及び方法として有効であり、赤外線センサーとカメラとを適切に組み合わせることで、ボールの打ち出しから、当該ボールの飛行パラメータの解析までを精度高く行うことが可能なボール打ち出し解析装置及びボール打ち出し解析方法として有効である。

符号の説明

- [0099] 1 ボール打ち出し解析装置
- 1 0 1 表示制御部
 - 1 0 2 点灯制御部
 - 1 0 3 設置判定制御部
 - 1 0 4 出現判定制御部
 - 1 0 5 消失判定制御部
 - 1 0 6 次出現判定制御部
 - 1 0 7 信号発信制御部
 - 1 0 8 撮影制御部
 - 1 0 9 算出制御部

請求の範囲

- [請求項1] 本装置の左右のそれぞれに設けられ、左検出領域と右検出領域とのそれぞれを検出可能であり、前記左検出領域と前記右検出領域とは、相互に隣接して重複しない左右の赤外線センサーと、
- 本装置の左右のそれぞれに設けられ、前記左検出領域と前記右検出領域とを含む左撮影領域と右撮影領域のそれぞれを撮影可能であり、前記左撮影領域と前記右撮影領域とは、相互に重複する左右のカメラと、
- 前記左右のカメラを用いて、前記左撮影領域のうち、前記左検出領域内に予め設定された左トリガー領域と、前記右撮影領域のうち、前記左検出領域内に予め設定された右トリガー領域とのいずれかにボールが設置されたか否かを判定する設置判定制御部と、
- 前記設置判定制御部により、前記左トリガー領域又は前記右トリガー領域のいずれかに前記ボールが設置されたと判定された場合、当該ボールが設置された設置トリガー領域のカメラに対応する赤外線センサーを用いて、前記設置トリガー領域を含む設置検出領域に物体が出現したか否かを判定する出現判定制御部と、
- 前記出現判定制御部により、前記設置検出領域に物体が出現したと判定された場合、当該設置検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、前記設置検出領域から前記ボールが消失したか否かを判定する消失判定制御部と、
- 前記消失判定制御部により、前記設置検出領域に前記ボールが消失したと判定された場合、当該設置検出領域に隣接した打ち出し検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、前記打ち出し検出領域に前記ボールが出現したか否かを判定する次出現判定制御部と、
- 前記次出現判定制御部により、前記打ち出し検出領域に前記ボールが出現したと判定された場合、トリガー信号を発信する信号発信制御部と、

前記トリガー信号が発信されると、前記左右のカメラを用いて、前記左撮影領域と前記右撮影領域のボールを連続撮影する撮影制御部と、
、
前記左右のカメラで連続撮影されたボールのボール画像に基づいて、当該ボールの飛行パラメータを算出する算出制御部と、
を備えるボール打ち出し解析装置。

[請求項2] 前記撮影制御部は、前記トリガー信号の発信時刻の直後の第一の時刻で、前記設置検出領域の赤外線センサーに対応するカメラを用いて、撮影領域のボール画像を撮影し、前記第一の時刻に所定の時間を加算した第二の時刻で、前記打ち出し検出領域の赤外線センサーに対応するカメラを用いて、撮影領域のボール画像を撮影する、
請求項1に記載のボール打ち出し解析装置。

[請求項3] 前記設置判定制御部は、前記左撮影領域の左トリガー領域と、前記右撮影領域の右トリガー領域とのいずれかにボールが設置されたと判定した際に、当該判定に用いた撮影画像において、ボール画像を含み、前記ボールの打ち出し方向に沿ったボール打ち出し予測領域を設定し、
前記算出制御部は、前記トリガー信号の発信時刻の直後の第一の時刻での撮影画像に前記ボール打ち出し予測領域を設定し、当該ボール打ち出し予測領域に所定の画像処理を行って、前記ボール画像を特定して、前記ボールの飛行パラメータを算出する、
請求項1に記載のボール打ち出し解析装置。

[請求項4] 本装置の左右のそれぞれに設けられ、左検出領域と右検出領域とのそれぞれを検出可能であり、前記左検出領域と前記右検出領域とは、相互に隣接して重複しない左右の赤外線センサーと、
本装置の左右のそれぞれに設けられ、前記左検出領域と前記右検出領域とを含む左撮影領域と右撮影領域のそれぞれを撮影可能であり、前記左撮影領域と前記右撮影領域とは、相互に重複する左右のカメラ

と、

を備えるボール打ち出し解析装置のボール打ち出し解析方法であって、

前記左右のカメラを用いて、前記左撮影領域のうち、前記左検出領域内に予め設定された左トリガー領域と、前記右撮影領域のうち、前記右検出領域内に予め設定された右トリガー領域とのいずれかにボールが設置されたか否かを判定する設置判定制御工程と、

前記設置判定制御工程により、前記左トリガー領域又は前記右トリガー領域のいずれかに前記ボールが設置されたと判定された場合、当該ボールが設置された設置トリガー領域のカメラに対応する赤外線センサーを用いて、前記設置トリガー領域を含む設置検出領域に物体が出現したか否かを判定する出現判定制御工程と、

前記出現判定制御工程により、前記設置検出領域に物体が出現したと判定された場合、当該設置検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、前記設置検出領域から前記ボールが消失したか否かを判定する消失判定制御工程と、

前記消失判定制御工程により、前記設置検出領域に前記ボールが消失したと判定された場合、当該設置検出領域に隣接した打ち出し検出領域に対応する赤外線センサーを用いて、前記打ち出し検出領域に前記ボールが出現したか否かを判定する次出現判定制御工程と、

前記次出現判定制御工程により、前記打ち出し検出領域に前記ボールが出現したと判定された場合、トリガー信号を発信する信号発信制御工程と、

前記トリガー信号が発信されると、前記左右のカメラを用いて、前記左撮影領域と前記右撮影領域のボールを連続撮影する撮影制御工程と、

前記左右のカメラで連続撮影されたボールのボール画像に基づいて、当該ボールの飛行パラメータを算出する算出制御工程と、

を備えるボール打ち出し解析方法。