## (12) 公 開 特 許 公 報(A)

(19) 日本国特許庁(JP)

特**開2005-29182**4 (P2005-291824A)

(43) 公開日 平成17年10月20日 (2005.10.20)

(51) Int.C1. <sup>7</sup>	FI		テーマコード (参考)
GO1P 3/36	GO1P 3/36	С	
A 6 3 B 69/36	A 6 3 B 69/36	541H	
	A 6 3 B 69/36	541S	

審査請求 未請求 請求項の数 11 OL (全 24 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2004-105165 (P2004-105165) 平成16年3月31日 (2004.3.31)	(71) 出願人	504182255 国立大学法人横浜国立大学 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1 号	
		(71) 出願人	000006714	
			横浜ゴム株式会社	
			東京都港区新橋5丁目36番11号	
		(74)上記1名の代理人 100080159		
			弁理士 渡辺 望稔	
		(74)代理人	100090217	
			弁理士 三和 晴子	
		(72)発明者	西野 耕一	
			神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1	
			号 横浜国立大学内	
			最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 飛翔体の飛翔挙動測定装置および飛翔体の飛翔挙動測定方法

(57)【要約】 (修正有)

【選択図】図1

【課題】高精度、容易なゴルフボールなどの球状飛翔体 の飛翔挙動測定法の提供。

【解決手段】飛翔体を所定の時間間隔あけて光学的に記録する記録部と、記録部で記録された記録時刻が異なる 第1のおよび第2の飛翔体の画像のうち、第1の飛翔体 の画像について第1の輪郭領域を検出し、第1の輪郭領 域の少なくとも一部の領域における第1の飛翔体の画像 の第1の画像情報を求めるとともに、第2の飛翔体の画 像について第2の輪郭領域を検出し、第2の輪郭領域に ついて第2の飛翔体の画像の第2の画像情報を求める画 像情報算出手段と、第1の画像情報を第1の仮想球体の 表面に、第2の画像情報を第2の仮想球体の表面に写像 するとともに、第1の仮想球体に回転処理を施すことに よって第1の仮想球体の表面上の第1の画像情報と、第 2の仮想球体の表面上の第2の画像情報との相関が最も 高くなるときの前記回転処理に用いる回転量を算出する 回転量算出手段とを有する。



(11) 特許出願公開番号

【特許請求の範囲】

【請求項1】

球状の飛翔体の飛翔挙動を測定する飛翔体の飛翔挙動測定装置であって、 飛翔中の前記飛翔体を所定の時間間隔あけて光学的に記録する記録部と、

前記記録部で記録された記録時刻が異なる第1の飛翔体の画像および第2の飛翔体の画 像のうち、前記第1の飛翔体の画像について前記飛翔体の第1の輪郭領域を検出し、前記 第1の輪郭領域の少なくとも一部の領域における前記第1の飛翔体の画像の第1の画像情 報を求めるとともに、前記第2の飛翔体の画像について前記飛翔体の第2の輪郭領域を検 出し、前記第2の輪郭領域について前記第2の飛翔体の画像の第2の画像情報を求める画 像情報算出手段と、

前記第1の画像情報を第1の仮想球体の表面に、前記第2の画像情報を第2の仮想球体 の表面に写像するとともに、第1の仮想球体に回転処理を施すことによって第1の仮想球 体の表面上の第1の画像情報と、第2の仮想球体の表面上の第2の画像情報との相関が最 も高くなるときの前記回転処理に用いる回転量を算出する回転量算出手段とを有すること を特徴とする飛翔体の飛翔挙動測定装置。

【請求項2】

さらに、前記時間間隔、および前記飛翔体の回転量に基づいて、前記飛翔体の回転速度 を算出する回転速度算出手段を有する請求項1に記載の飛翔体の飛翔挙動測定装置。 【請求項3】

前記回転速度算出手段は、さらに前記飛翔体の回転量を3軸方向の成分に分解し、各軸 方向における回転速度を算出する請求項2に記載の飛翔体の飛翔挙動測定装置。

【請求項4】

水平面に対して傾斜角度をもって飛翔する前記球状の飛翔体であって、

前記3軸方向のうち、第1の軸方向は前記水平面と平行な第1の方向であり、第2の軸方向は前記水平面に垂直な第2の方向である請求項3に記載の飛翔体の飛翔挙動測定装置

【請求項5】

前記飛翔体は、ゴルフボールであり、

前記第1の軸方向を中心とした単位時間当たりの回転量は、バックスピンであり、

前記第2の軸方向を中心とした単位時間当たりの回転量は、サイドスピンである請求項 4に記載の飛翔体の飛翔挙動測定装置。

【請求項6】

前記第1の画像情報および前記第2の画像情報は、階調数が少なくとも2の濃度パター ンにより表されるものであり、前記第1の画像情報および前記第2の画像情報は、階調数 が同じである請求項1~5のいずれか1項に記載の飛翔体の飛翔挙動測定装置。

【請求項7】

飛翔中の球状の飛翔体を所定の時間間隔あけて光学的に記録する工程と、

前記記録された記録時刻が異なる第1の飛翔体の画像および第2の飛翔体の画像のうち、前記第1の飛翔体の画像について前記飛翔体の第1の輪郭領域を検出し、前記第1の輪 郭領域の少なくとも一部の領域における前記第1の飛翔体の画像の第1の画像情報を求め る工程と、

前記第2の飛翔体の画像について前記飛翔体の第2の輪郭領域を検出し、前記第2の輪 郭領域について前記第2の飛翔体の画像の第2の画像情報を求める工程と、

前記第1の画像情報を第1の3次元仮想球体の表面に写像し、前記第2の画像情報を第 2の3次元仮想球体の表面に写像する工程と、

前記第1の仮想球体に回転処理を施し、前記第1の仮想球体の表面上の第1の画像情報 と、第2の仮想球体の表面上の第2の画像情報との相関が最も高くなるときの前記回転処 理に用いる回転量を算出する工程とを有することを特徴とする飛翔体の飛翔挙動測定方法

【請求項8】

10

20

30

前記飛翔体の回転量を算出する工程の後工程に、さらに前記時間間隔と、前記飛翔体の 回転量とに基づいて、前記飛翔体の回転速度を算出する工程を有する請求項7に記載の飛 翔体の飛翔挙動測定方法。

【請求項9】

前記飛翔体の回転量を算出する工程は、さらに、前記飛翔体の回転量を3軸方向の成分 に分解し、各軸方向における回転速度を算出する工程を含む請求項7または8に記載の飛 翔体の飛翔挙動測定方法。

【請求項10】

前記飛翔体は、ゴルフボールであり、前記ゴルフボールは、水平面に対して傾斜角度を もって飛翔するものであり、

前記3軸方向のうち、前記水平面と平行な第1の軸方向を中心とした単位時間当たりの 回転量は、バックスピンであり、前記水平面に垂直な第2の軸方向を中心とした単位時間 当たりの回転量は、サイドスピンである請求項9に記載の飛翔体の飛翔挙動測定方法。 【請求項11】

前記第1の画像情報および前記第2の画像情報は、階調数が少なくとも2の濃度パターンにより表されるものであり、前記第1の画像情報および前記第2の画像情報は、階調数が同じである請求項7~10のいずれか1項に記載の飛翔体の飛翔挙動測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ゴルフボールなどの球状の飛翔体の飛翔挙動を、簡易に高い精度で測定でき る飛翔体の飛翔挙動測定装置および飛翔体の飛翔挙動測定方法に関するものである。 【背景技術】

 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$ 

現在、飛翔体の飛翔挙動の測定が行われている。例えば、インパクト直後のゴルフボールの飛翔挙動の画像測定が行われており、この測定をもとに、ゴルフボールの飛距離をシ ミュレーションする画像計測が行われている。

画像計測によるゴルフボールの飛翔挙動のうち、速度および移動方向については、所定 時間間隔をあけて画像を記録し、各ゴルフボールの画像の輪郭を抽出し、各輪郭の重心を 求め、各重心点間の距離および、重心の移動角度を測定することにより、ゴルフボールの 移動速度および角度を求めることができる。この場合、ゴルフボールの輪郭の抽出は、高 い精度で行えるので、移動速度および打出角度も高い精度で測定することができる。

また、ゴルフボールの回転運動も含めたゴルフボールの飛翔挙動を測定する測定装置お よび測定方法が種々提案されている(例えば、特許文献1および特許文献2参照)。 【0003】

特許文献1には、移動体の移動速度、移動方向、回転角速度、および回転方向を1台の カメラのみを使用することによって、正確に測定することができる移動体の移動パラメー タ測定装置が開示されている。この移動体の移動パラメータ測定装置は、特に、打ち出し 直後のゴルフボールの初速度、打出角度およびゴルフボールの回転角速度と回転方向など のゴルフボールの初期弾道パラメータを正確に測定することができるものである。

【0004】

この移動体の移動パラメータ測定装置においては、ゴルフボールのスピンを測定するために、図13に示すように、ゴルフボールに特定のマークをつける。

図13に示すように、1つの平面画像100に、第1のゴルフボールの像102、および第2のゴルフボールの像104が記録される。第1および第2のゴルフボールの像10 2、104には、それぞれマーク106、108、110が設けられている。

なお、第1および第2のゴルフボールの像102、104は、所定の時間間隔をあけて 記録されたものであり、輪郭抽出されたものである。

【 0 0 0 5 】

特許文献1においては、第1のゴルフボールの像102に記録された各マーク106、

(3)

20

10

40

(4)

108、110の第2のゴルフボールの像104におけるマーク106、108、110 の位置を追跡処理し、ゴルフボールの回転量を算出する。

このように、特許文献1においては、マークの所定時間経過後の位置を追跡処理して、 特定することによりゴルフボールのスピン量を求めることができる。 【0006】

また、特許文献2に開示されたゴルフボールの回転運動測定方法は、セットされたゴル フボールの飛球線方向に沿って間隔を置いて配置された2台のカメラを用い、ヒットされ たゴルフボールをこの2台のカメラで撮影することにより、映し出された映像からヒット されたゴルフボールの回転運動を計測する方法が開示されている。このゴルフボールの回 転運動を計測する方法においては、凸多角形のマークを黒色またはこれに類する暗色で表 面に印したゴルフボールを用い、撮影された映像に対し、コンピュータを利用し人手を介 さない自動的な画像処理によって凸多角形マークの角の位置を検出し、2台のカメラによ る撮影映像間の角の位置の変化に基づいて、ヒットされたゴルフボールの回転運動を算出 するものである。

この特許文献2に開示された方法においても、図14に示すように、ゴルフボールに、 二等辺三角形状のマーク125を設けて行う。

この場合、図14に示すように、1つのフレーム120に、2つのゴルフボールの像1 22、124が記録されている。各ゴルフボールの像122、124は、所定の時間間隔 をあけて記録されたものであり、輪郭抽出されたものである。

ゴルフボールの像122に記録されたマーク125の角部126、128、130のゴ ルフボールの像124におけるマーク125の位置を追跡処理し、ゴルフボールの回転量 を算出する。

このように、マークの所定時間経過後の位置を特定することにより、ゴルフボールのバ ックスピンおよびサイドスピンを求めることができる。

[0008]

【特許文献1】特開2003-57258号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 0 - 1 9 1 8 6 号公報

【発明の開示】

- 【発明が解決しようとする課題】
- [0009]

上述の特許文献1および特許文献2は、いずれもゴルフボールの回転量の測定するため に、ゴルフボールにマークを設け、所定時間間隔を空けて撮影されたゴルフボールの像に おける各マークを追跡処理して対応つけることにより、ゴルフボールの回転量を求めてい る。

[0010]

このため、ゴルフボールが撮影面に対して垂直な軸を中心として回転する場合には、マ ークを追跡処理することにより、ゴルフボールの回転量を求めることができる。

しかしながら、撮影面と平行な軸を回転軸として回転した場合、マークの一部が隠れて しまい、マーク全体を撮影できないことがある。これにより、追跡処理する処理対象がな くなるため、ゴルフボールの回転量の測定精度が低下する虞がある。さらに、このような マークが隠れることを防止するために、測定条件を変えるなどの工夫が必要になる。これ により、測定条件が一定にならず、測定機器の設定の変更を余儀なくされ、測定作業が煩 雑になるという問題点もある。

[0011]

本発明の目的は、前記従来技術に基づく問題点を解消し、高い精度で、かつ容易にゴル フボールなどの球状の飛翔体の飛翔挙動を測定することができる飛翔体の飛翔挙動測定装 置および飛翔体の飛翔挙動測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、球状の飛翔体の飛翔挙動を測定す る飛翔体の飛翔挙動測定装置であって、飛翔中の前記飛翔体を所定の時間間隔あけて光学 的に記録する記録部と、前記記録部で記録された記録時刻が異なる第1の飛翔体の画像お よび第2の飛翔体の画像のうち、前記第1の飛翔体の画像について前記飛翔体の第1の輪 郭領域を検出し、前記第1の輪郭領域の少なくとも一部の領域における前記第1の飛翔体 の画像の第1の画像情報を求めるとともに、前記第2の飛翔体の画像について前記飛翔体 の第2の輪郭領域を検出し、前記第2の輪郭領域について前記第2の飛翔体の画像の第2 の画像情報を求める画像情報算出手段と、前記第1の画像情報を第1の仮想球体の表面に 、前記第2の画像情報を第2の仮想球体の表面に写像するとともに、第1の仮想球体に回 転処理を施すことによって第1の仮想球体の表面上の第1の画像情報と、第2の仮想球体 の表面上の第2の画像情報との相関が最も高くなるときの前記回転処理に用いる回転量 算出する回転量算出手段とを有することを特徴とする飛翔体の飛翔挙動測定装置を提供す るものである。

【0013】

本発明においては、さらに、前記時間間隔、および前記飛翔体の回転量に基づいて、前記飛翔体の回転速度を算出する回転速度算出手段を有することが好ましい。

また、本発明において、前記回転速度算出手段は、さらに前記飛翔体の回転量を3軸方 向の成分に分解し、各軸方向における回転速度を算出することが好ましい。

【0014】

さらに、本発明において、水平面に対して傾斜角度をもって飛翔する前記球状の飛翔体 であって、前記3軸方向のうち、第1の軸方向は前記水平面と平行な第1の方向であり、 第2の軸方向は前記水平面に垂直な第2の方向であることが好ましい。

さらにまた、本発明において、例えば、前記飛翔体は、ゴルフボールであり、前記第1 の軸方向を中心とした単位時間当たりの回転量は、バックスピンであり、前記第2の軸方 向を中心とした単位時間当たりの回転量は、サイドスピンである。

また、本発明においては、前記第1の画像情報および前記第2の画像情報は、階調数が 少なくとも2の濃度パターンにより表されるものであり、前記第1の画像情報および前記 第2の画像情報は、階調数が同じであることが好ましい。

【0015】

また、本発明の第2の態様は、飛翔中の球状の飛翔体を所定の時間間隔あけて光学的に 記録する工程と、前記記録された記録時刻が異なる第1の飛翔体の画像および第2の飛翔 体の画像のうち、前記第1の飛翔体の画像について前記飛翔体の第1の輪郭領域を検出し 、前記第1の輪郭領域の少なくとも一部の領域における前記第1の飛翔体の画像の第1の 画像情報を求める工程と、前記第2の飛翔体の画像について前記飛翔体の第2の輪郭領域 を検出し、前記第2の輪郭領域について前記第2の飛翔体の画像の第2の画像情報を求め る工程と、前記第1の画像情報を第1の3次元仮想球体の表面に写像し、前記第2の画像 情報を第2の3次元仮想球体の表面に写像する工程と、前記第1の仮想球体に回転処理を 施し、前記第1の仮想球体の表面上の第1の画像情報と、第2の仮想球体の表面上の第2 の画像情報との相関が最も高くなるときの前記回転処理に用いる回転量を算出する工程と を有することを特徴とする飛翔体の飛翔挙動測定方法を提供するものである。

[0016]

本発明においては、前記飛翔体の回転量を算出する工程の後工程に、さらに前記時間間 隔と、前記飛翔体の回転量とに基づいて、前記飛翔体の回転速度を算出する工程を有する ことが好ましい。

また、本発明においては、前記飛翔体の回転量を算出する工程は、さらに、前記飛翔体の回転量を3軸方向の成分に分解し、各軸方向における回転速度を算出する工程を含むものとすることができる。

【0017】

さらに、本発明においては、例えば、前記飛翔体は、ゴルフボールであり、前記ゴルフ ボールは、水平面に対して傾斜角度をもって飛翔するものであり、前記3軸方向のうち、 10



前記水平面と平行な第1の軸方向を中心とした単位時間当たりの回転量は、バックスピン であり、前記水平面に垂直な第2の軸方向を中心とした単位時間当たりの回転量は、サイ ドスピンである。

[0018]

さらにまた、本発明においては、前記第1の画像情報および前記第2の画像情報は、階 調数が少なくとも2の濃度パターンにより表されるものであり、前記第1の画像情報およ び前記第2の画像情報は、階調数が同じであることが好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明の飛翔体の飛翔挙動測定装置においては、球状の飛翔体を記録時刻が異なる第1 の飛翔体の画像および第2の飛翔体の画像を記録する記録部と、第1の飛翔体の画像につ いて、飛翔体の第1の輪郭領域を検出し、この第1の輪郭領域の少なくとも一部の領域に おける第1の飛翔体の画像の第1の画像情報を求めるとともに、第2の飛翔体の画像につ いて、飛翔体の第2の輪郭領域を検出し、この第2の輪郭領域について第2の飛翔体の画 像の第2の画像情報を求める画像情報算出手段と、第1の画像情報を第1の仮想球体の表 面に写像し、前記第2の画像情報を第2の仮想球体の表面に写像するとともに、第1の仮 想球体に回転処理を施すことによって第1の仮想球体の表面上の第1の画像情報と、第2 の仮想球体の表面上の第2の画像情報との相関が最も高くなるときの前記回転処理に用い る回転量を算出する回転量算出手段とを有することにより、飛翔体の表面に特別にマーク などを飛翔体の表面に設けることなく、第1の画像情報および第2の画像情報を用いて飛 翔体の回転量を算出することができる。このため、マークの一部が検出不能になって測定 精度が低下することがなく、高精度、かつ容易に飛翔体の飛翔挙動を測定することができる。

[0020]

また、本発明の飛翔体の飛翔挙動測定方法においては、飛翔中の球状の飛翔体を所定の 時間間隔あけて光学的に記録する工程と、前記記録された記録時刻が異なる第1の飛翔体 の画像および第2の飛翔体の画像のうち、前記第1の飛翔体の画像について前記飛翔体の 第1の輪郭領域を検出し、前記第1の輪郭領域の少なくとも一部の領域における前記第1 の飛翔体の画像の第1の画像情報を求める工程と、前記第2の飛翔体の画像について前記 飛翔体の第2の輪郭領域を検出し、前記第2の輪郭領域について前記第2の飛翔体の画像 の第2の画像情報を求める工程と、前記第1の画像情報を第1の3次元仮想球体の表面 写像し、前記第2の画像情報を第2の3次元仮想球体の表面に写像する工程と、前記第1 の仮想球体に回転処理を施し、前記第1の仮想球体の表面上の第1の画像情報と、第2の 仮想球体の表面上の第2の画像情報をの相関が最も高くなるときの前記回転処理に用いる 回転量を算出する工程とを有することにより、記録された球状の飛翔体の画像について、 第1の画像情報および第2の画像情報を用いて飛翔体の表面に特別にマークなどを飛翔体 の表面に設けることなく、飛翔体の回転量を算出することができる。このため、マークの 一部が検出不能になって測定精度が低下することがないので、高精度、かつ容易に飛翔体 の飛翔挙動を測定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

[0021]

以下に、添付の図面に示す好適実施例に基づいて、本発明の飛翔体の飛翔挙動測定装置 および飛翔体の飛翔挙動測定方法を詳細に説明する。

【0022】

以下、本発明の飛翔体の飛翔挙動測定装置の実施例として、ゴルフボールの打撃直後の 初速度、ゴルフボールの打撃直後の打出角度、ならびにゴルフボールの打撃直後のサイド スピンおよびバックスピンを測定する初期弾道測定装置について説明する。

図1は、本発明の第1の実施例に係る飛翔体の飛翔挙動測定装置の一例である初期弾道 測定装置を示す模式的側面図であり、図2は、本実施例の演算部の構成を示すブロック図 である。

20

10

[0023]

図1に示すように、ゴルフボール8の初期弾道測定装置2は、例えば、ゴルファ4がゴ ルフクラブ6によってゴルフボール8を試打した際のゴルフボール8の打撃直後の初期弾 道特性値を測定するものである。本実施例において、ゴルフボール8は、水平面HSに対 して、所定の傾斜角度を持って打ち出され、飛翔するものである。

初期弾道特性値は、例えば、初速度、打出角度、サイドスピンおよびバックスピンなど を含むものである。

ここで、水平面HSとは、初期弾道測定装置2の基準となる面である。この水平面HS は、好ましくは、水平に対して傾きが±2°以内の面であり、最も好ましくは、水準器な どにより水平に設定された面である。

【0024】

初期弾道測定装置2は、被写体であるゴルフボール8を挟んでゴルファ4と対向する側 に、ゴルフボール8を載置したティーから打ち出されたゴルフボール8の像を反射する2 個のミラー10、12と、この2個のミラー10、12によって反射した2つの打ち出し 直後のゴルフボールの像が異なる面に投影され、ミラー10から投影された像を反射し、 ミラー12から投影された像を透過するハーフミラー14と、ハーフミラー14を透過し たゴルフボールの像とハーフミラー14で反射したゴルフボールの像をまとめて撮像する 分解能の高いCCDカメラ(記録部)16と、CCDカメラ16によって撮像(記録)さ れたゴルフボールの像に基づいてゴルフボール8の初期弾道特性値を算出する初期弾道特 性算出部17とを主に有して構成される。

【0025】

ここで、ミラー10、12は、ゴルフボール8の打ち出し直後の想定される弾道経路の 周りに配置され、打ち出し直後のゴルフボール8から略等距離離れ、異なる2方向から見 たゴルフボールの像の各々を反射するように構成される。

ハーフミラー14は、一方の側より投影された像を少なくとも透過させ、他方の側より 投影された像を少なくとも反射させる境界面を有する光学部材であって、ミラー10、1 2の配置位置を略対称位置とする対称平面18上に、この対称平面18とハーフミラー1 4の境界面が平行になるように配置される。すなわち、ハーフミラー14の面または対象 平面18に対するミラー10、12の反射面の傾斜角度は、正負の符号が互いに異なりか つ絶対値が等しくなっている(図1中の角度+ 。および - 。)。 【0026】

また、ゴルフボール8の初期弾道測定装置2は、ミラー10、12で反射された、異な る2方向から見た打ち出し直後のゴルフボールの像をハーフミラー14上に投影するが、 ミラー10、12の配置を微調整することによって、ハーフミラー14上に投影される2 つのゴルフボールの像の投影角度を略一致させるとともに、お互いのゴルフボールの像が 可能な限り重ならないようにミラー10、12の配置位置の微調整によって近接してゴル フボールの像を形成させ、この近接したゴルフボールの像をCCDカメラ16で1つの画 像として撮像するように構成される。そして、このCCDカメラ16には制御装置22が 接続されて設けられており、制御装置22は所定のタイミングで撮像するために電子シャ ッタを自動的に開閉する制御を行う。このように、ハーフミラー14を用いて、異なる2 方向から見たゴルフボールの像を近接させることで、CCDカメラ16の撮像領域の視野 を狭くすることができ、ゴルフボール8の像を精度良く撮像することができる。また、2 つのゴルフボールの像が重なりにくいので、以降で行なわれる画像処理および初期弾道特 性値の測定が可能となる。

【0027】

このCCDカメラ16は任意の光学カメラとすることもできるが、以降で説明するよう に、ゴルフボール8の初速度と打出角度、ならびにバックスピンおよびサイドスピンなど の回転角速度と回転方向などの初期弾道特性値を測定する際、ゴルフボール8の撮像され た画像の画像処理を行ってゴルフボール8の像を迅速に検出できるので、画像をデジタル 化して出力するCCDカメラ16を使用してゴルフボール8の位置の検出を容易にするこ 10



とが望ましい。また、本実施例のゴルフボール 8 の初期弾道測定装置 2 は、それぞれの配置を固定し、2 個のミラー 1 0、1 2 に投影される 2 個の被写体の像の通過する面を透明体で覆った任意のケース 2 0 に収納することによってポータブル化し、容易に移動して任意の場所に設置することができる。もちろん、この他にゴルフボール 8 の撮像時にゴルフボール 8 を照明するストロボ装置、または、場合によってはゴルフボール 8 を照明するに 十分な明るさの自然光または人工光の照明装置などが用いられる。

【0028】

このように構成されているゴルフボール8の初期弾道測定装置2では、ゴルフボール8 の初期弾道特性値を測定する際には、インパクト直後の打ち出されて飛翔しているゴルフ ボールの像を所定の時間間隔の2回のストロボ発光により1つの平面画像として撮像する 。このとき、図1から明らかなように、ミラー10で反射しハーフミラー14で再度反射 してCCDカメラ16に投影されたゴルフボール8の画像(以下、上側の画像という)は CCDカメラ16により撮像される画像内の上側に、ミラー12で反射してハーフミラー 14を透過してCCDカメラ16に投影されたゴルフボール8の画像(以下、下側の画像 という)はCCDカメラ16により撮像される画像内の下側に撮像されるようにミラー1 0、12の配置が設定されるので、図3に示すように、1つの平面画像30の中に、4個 のゴルフボールの円形状の像32、34、36、38が画像として記録される。

なお、本実施例において、上側の画像が鏡像であり、下側の画像が正像であり、飛翔方 向Mが反対になって記録される。また、ゴルフボールの像34、36が本発明の第1の飛 翔体の画像に対応するものであり、ゴルフボールの像32、38が本発明の第2の飛翔体 の画像に対応するものである。

20

30

10

本実施例においては、ゴルフボールの像32、34が上述の上側の画像(鏡像)であり 、ゴルフボールの像36、38が下側の画像(正像)である。

ここで、図3は、本実施例の初期弾道測定装置により得られた画像の一例を示す模式図である。

【0029】

また、所定の時間間隔で2回ストロボが発光するので、最初のストロボ発光でゴルフボ ールの像34、36が、後のストロボ発光でゴルフボールの像32、38が撮像される。 この2回のストロボの発光は、スイングされたゴルフクラブのゴルフボール8へのインパ クトの寸前にゴルフクラブ6の通過によって生成されたトリガー信号から所定の時間遅れ て、CCDカメラ16のシャッタが開いた後、行なわれる。そして、2回のストロボ発光 時のゴルフボールの像が撮像される。

【0030】

したがって、平面画像30には、上側の画像としてのゴルフボール8の像32、34と 下側の画像としてのゴルフボール8の像36、38、および最初に撮像されたゴルフボー ル8の像34、36と所定の時間経過後のゴルフボール8の像32、38が組み合わさっ て撮像された4個のゴルフボール8の像32、34、36、38が画像として撮像される

[0031]

なお、この平面画像30は、所定の時間間隔をあけてストロボを発光させてCCDカメ ラ16で撮像した4個のゴルフボールの像32、34、36、38が画像として写ってい る画像に限定されるものではなく、上記所定の時間間隔をあけてカメラのシャッタを2回 開き多重露光してゴルフボールの像32、34、36、38を撮像した画像であってもよ いし、さらに、上記所定の時間間隔だけシャッタを開放して、移動方向に残像を有するゴ ルフボール8の像を得て、この残像を有するゴルフボール8の両端の像を4個のゴルフボ ールの像32、34、36、38としてもよく、高速ビデオカメラで撮像した画像から同 じ所定の時間間隔で画像を取り出し、この両端の画像を4個のゴルフボールの像32、3 4、36、38としてもよい。

CCDカメラ16で撮像された平面画像30は、初期弾道特性算出部17に出力される

40

[0032]

このように、ハーフミラー14上に投影される2つのゴルフボールの像の投影角度を略 一致させ、しかも、ゴルフボール8の像を近接させ、さらに、ハーフミラー14の面に対 するミラー10、12の反射面の傾斜角度を、正負の符号が互いに異なりかつ絶対値が略 等しくするので、被写体であるゴルフボール8からミラー10またはミラー12で反射し CCDカメラ16に至るゴルフボールの像の経路長は、略等しくなり、従来のように、一 方のゴルフボールの像のピントがボケることはない。

【0033】

初期弾道特性算出部17は、例えば、CCDカメラ16により撮像されたゴルフボール の像に基づいて、例えば、ゴルフボールの移動速度、移動方向、バックスピン、およびサ イドスピンなどの初期弾道特性値を算出するものである。この初期弾道特性算出部17は 、画像読取部40、位置算出部42、演算部44、記憶部45、CPU46、および設定 部49を有するものである。

【0034】

画像読取部40は、CCDカメラ16で撮像された平面画像30を、デジタルデータとして取り込み、画像処理を行うことによって周囲の環境などの不要な画像を消去し、ゴルフボール8の円形状の輪郭領域(図示せず)を検出するものであり、この円形状の輪郭領域には、輪郭により囲まれる領域が含まれる。

【0035】

画像読取部40は、図3に示すような4つのゴルフボール8の像32、34、36、3 8の輪郭を検出するものである。

[0036]

位置算出部42は、ゴルフボール8の像32、34、36、38の重心位置を算出し、 さらにゴルフボール8の実際の移動経路における鉛直面および水平面HSの成分を算出す るものである。

なお、位置算出部42は、ゴルフボール8の像32、34、36、38の直径を算出す る機能を有することが好ましい。

【0037】

図1に示すように、2個のミラー10、12は任意の角度だけ傾斜しているので、これ らのミラー10、12によって投影されて平面画像30として得られた画像におけるゴル フボールの像32、34、36、38の重心位置の座標は、ミラー10、12の傾斜角度 に応じて鉛直面および水平面HS(図1参照)の成分が合成されたものとなっている。従 って、ゴルフボールの像32、34、36、38の重心の位置の座標の数値が鉛直面およ び水平面HSの成分となるようにミラー10、12の配置に応じて演算して分解する。そ して、分解して得られた鉛直面および水平面HSの成分のそれぞれにおける最初のストロ ボ発光時点(以下、第1の時刻ともいう)でのゴルフボール8の重心位置の座標および2 回目のストロボ発光時点(以下、第2の時刻ともいう)でのゴルフボール8の重心位置の 座標を算出する。算出された各座標は演算部44に出力される。

【 0 0 3 8 】

なお、位置算出部42において、ゴルフボール8の重心位置の座標を算出する場合、最 初のストロボ発光時点、および2回目のストロボ発光時点におけるゴルフボールの像32 、34、36、38の直径を算出してもよい。そして、これらの算出された各時刻におけ るゴルフボールの像32、34、36、38の直径を演算部44に出力してもよい。この ように、ゴルフボールの直径を算出することによっても、後述するように、3次元空間に おけるゴルフボールの移動経路を算出することができる。

[0039]

演算部44は、ゴルフボール8の移動速度、移動方向、バックスピンおよびサイドスピンを算出するものである。図2に示すように、この演算部44は、移動量算出手段50と、画像パターン算出手段52と、回転成分算出手段(回転速度算出手段)54とを有する。位置算出部42および画像パターン算出手段52により本発明の画像情報算出手段が構

10

20

30

成される。

【0040】

移動量算出手段50は、ゴルフボール8の各像32、34、36、38の重心位置座標 から、ゴルフボール8の3次元的な重心位置の移動距離および移動方向を算出し、ゴルフ ボール8の初速度または移動速度、および打出角度を算出するものでもある。

本実施例における打出角度とは、水平面HSに直角かつ打出し方向を含む面上において 、第1の時刻の像(ゴルフボールの像34)と第2の時刻の像(ゴルフボールの像32) との移動方向を、この面上に投影した線と、水平面HSを示す線とのなす角度で表される ものである。この移動方向とは、例えば、飛翔体がゴルフボールの場合、ゴルフボールの 重心位置の移動方向で表される。

また、打出し方向は、初期弾道測定装置2の基準となるゴルフボール8(飛翔体)の目 標方向(飛翔方向)を示すものであり、適宜設定されるものである。

なお、この移動量算出手段50により、算出された打出角度、および初速度または移動 速度は、記憶部45に出力される。

【0041】

本実施例の初期弾道測定装置においては、2方向からゴルフボールを撮像するものである。このため、3次元空間におけるゴルフボールの3次元空間における飛翔軌跡の算出に、2方向から撮像するステレオ投影法を用いることができる。

なお、ゴルフボールの3次元空間における飛翔軌跡は、後述するステレオ投影法のキャ リブレーションをしておくことにより算出することができる。キャリブレーション方法に ついては、後で詳細に説明する。

【0042】

画像パターン算出手段52は、最初に記録されたゴルフボールの輪郭領域の全域または 所定領域の第1の画像情報を算出するものである。この画像パターン算出手段52は、最 初に記録されたゴルフボールの像の画像処理されていない画像データについて、所定の階 調数の濃度データに変換し、得られた濃度データにより表される特定の濃度パターンを第 1の画像情報として抽出する。例えば、所定の領域について第1の画像情報を求める場合 には、その領域の画素の濃度データの濃度パターンを第1の画像情報とする。また、ゴル フボールの輪郭領域の全領域について第1の画像情報を求める場合には、例えば、汚れな どの階調差が大きいものを特定の濃度パターンとする。

【0043】

また、濃度パターンは、表示装置48に表示された濃度データを人が見て設定するよう にしてもよい。このように、第1の画像情報として算出された濃度パターンは、後述する 設定部49に設定される。

【0044】

さらに、画像パターン算出手段52は、所定時間経過後のゴルフボールの輪郭領域につ いて、輪郭領域の全域にわたり最初に記録されたゴルフボールの輪郭領域と同じ条件で、 濃度データを算出し、この濃度パターン(第2の画像情報)を算出する。

なお、本実施例においては、第1の画像情報、および第2の画像情報として求めた濃度 パターンを画像特徴量として用いるので階調数は同じにする。

【0045】

以下、本実施例におけるゴルフボールの回転軸および回転量の算出方法を、図3に示す 上側の画像、すなわち、ゴルフボールの像34(第1の時刻の像)とゴルフボールの像3 2(第2の時刻の像)とを例にして説明する。

図4は、本実施例におけるゴルフボールの回転軸および回転量の算出方法を説明する模式的斜視図である。なお、図4における参照符号V、参照符号H、参照符号Wは、互いに 直交する軸を示すものである。図4における参照符号Vは、垂直軸であり、参照符号Wは 、垂直軸Vと直交する第1の水平軸であり、参照符号Hは、垂直軸Vおよび第1の水平軸 Wと直交する第2の水平軸である。第1の水平軸Wおよび第2の水平軸Hが、水平面HS に含まれる。図4においても、矢印Mは、図3と同様に飛翔方向を示すものである。 10



なお、図4に示す第1の水平軸Wの水平軸方向は、本発明の第1の軸方向に相当するものである。また、図4に示す垂直軸Vの垂直軸方向は、本発明の第2の軸方向に相当するものである。

本発明においては、ゴルフボール(飛翔体)の回転軸および回転量を算出するにあたり、互いに直交する3軸を用いたが、本発明は、これに限定されるものではない。例えば、図4に示す第2の水平軸Hに変えて打出し方向と平行な軸としてもよい。 【0046】

図4に示すように、画像パターン算出手段52により、ゴルフボールの像34を、例え ば、二値化処理して得られた濃度パターン35aを、仮想空間Aに設けられた第1の3次 元仮想球体Q(以下、第1の仮想球体Qという)の表面に写像(マッピング)する。また 、ゴルフボールの像32を、例えば、二値化処理して得られた濃度パターン33aを第2 の3次元仮想球体q(以下、第2の仮想球体qという)の表面に写像(マッピング)する 。本実施例において、第1の仮想球体Qと、第2の仮想球体qとは直径が同じである。移 動量算出手段50は、第1の仮想球体Qと、第2の仮想球体qとにより、例えば、画像相 関法により3次元空間における回転軸および回転軸周りの回転量(回転角度)を求める。

この場合、第1の仮想球体Qを3次元的に回転させて、濃度パターン35aと第2の仮 想球体qにおける濃度パターン33aとの相関係数が最も高くなる場合における3次元的 な回転量を、2つの時刻間におけるゴルフボール8の3次元的な回転量(3次元空間にお ける回転軸および回転軸周りの回転量(回転角度))とする。

画像相関法により得られた3次元的な回転量を、図4に示す各軸方向(垂直軸V、第1の水平軸W、および第2の水平軸H)に分ける。これにより、後述するように、バックス ピンおよびサイドスピンを求めることができる。

【0048】

また、ゴルフボールの像36、38の3次元的な回転量(回転軸および回転角度)についても、ゴルフボールの像32、34と同様に行う。

[0049]

上述の如く、移動量算出手段50は、図4に示すゴルフボールの濃度パターン35aが 、所定時刻経過後のゴルフボールの何処にあるかを特定するものであり、本発明の回転量 算出手段としても機能するものである。

【 0 0 5 0 】

本実施例においては、移動量算出手段50は、上述の如く、第1の仮想球体Qに回転処 理を施す。このとき、第1の仮想球体Qの表面の濃度パターン35aと、第2の仮想球体 qの表面の濃度パターン33aとを比較した場合、相関関係が最も高くなる状態における 回転処理に用いる回転量を算出する。さらに、これに基づいて、第1の仮想球体Qの3次 元空間における回転軸および回転軸周りの回転量(回転角度)を求めるものである。

本実施例は、ゴルフボール8が球体であり、所定の領域が、その球体の上に形成されて いることを前提にしている。このため、回転処理が施された第1の仮想球体Qと、第2の 仮想球体qとを比較(画像のマッチング)が行われる際に、第1の仮想球体Qを回転させ る回転軸の数および回転軸の向きは、特に限定されるものではない。例えば、図4に示す 垂直軸V、第1の水平軸Wおよび第2の水平軸Hが挙げられる。 【0051】

また、画像パターン算出手段52は、ゴルフボールの各像32、34、36、38で、 算出された濃度パターンデータに基づいて、図5に示すような輪郭画像33、35、37 、39を有する平面画像30aを作成し、表示装置48に表示させる。

図5に示すゴルフボール8の輪郭画像33、35、37、39は、図4に示す第1の仮 想球体Qおよび第2の仮想球体qを投影して得られたものであり、ユーザの確認用に表示 装置48に表示されるものである。図5に示す輪郭画像33、35、37、39は、濃度 パターン33a、35a、37a、39aが表面に写像された仮想球体を投影して得られ たものである。

10

20

50

[0052]

また、本実施例において、最初に記録されたゴルフボールの像における第1の画像情報 は、回転量を算出するための特定点として用いることができればよいので、ゴルフボール の像の輪郭領域の全領域で算出する必要はない。この輪郭領域の少なくとも一部について 第1の画像情報を算出すればよい。第1の画像情報を算出する輪郭領域における領域の数 は、測定精度を向上させるために、複数であることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

また、本実施例においては、3次元的な回転量を求める際して、2時刻間でのゴルフボール8の重心位置の移動量を差し引くことにより、ゴルフボール8の3次元的な回転運動 を、擬似的に重心を中心とした回転運動に置き換えてもよい。

【0054】

回転成分算出手段54は、記録時間間隔、重心位置の座標、ならびに移動量算出手段50により算出された上述のゴルフボールの3次元空間における回転軸および回転量(回転角度)に基づいてゴルフボールの回転速度を算出するものである。この回転速度の算出結果は、記憶部45に出力される。

[0055]

また、回転成分算出手段54は、例えば、図5に示す垂直軸V、第1の水平軸Wおよび 第2の水平軸Hの3軸に、分解し、各軸周りの単位時間当たりの回転数を求めることもで きる。この場合、第1の水平軸W周りの単位時間当たりの回転数がバックスピンである。 また、垂直軸V周りの単位時間当たりの回転数がサイドスピンである。

この回転成分算出手段54により算出されたバックスピンおよびサイドスピンの結果は 、記憶部45に出力される。

【0056】

設定部49は、初期弾道の測定に際して、例えば、図4に示す濃度パターン35aのような画像パターン算出手段52により算出された濃度パターン、または人により設定された濃度パターン(第1の画像情報)が記憶されるものである。

また、設定部49は、例えば、ゴルフボールの表面に設けられたロゴなどを初期弾道の 測定に用いる場合には、ロゴが設けられている領域の大きさを設定するものでもある。

なお、設定部49には、測定する飛翔体の大きさ、および後述するキャリブレーション により得られた3次元空間の各座標位置において撮像された点の撮影画像における位置が 記憶される。本実施例においては、設定部49には、測定するゴルフボールの大きさを記 憶させてもよい。

また、演算部44には、記憶部45が接続されている。この記憶部45は、打撃直後の 初期弾道特性値(初速度、打出角度、サイドスピンおよびバックスピン)が記憶されるも のである。なお、記録部45は、DRAMなどの記憶素子を有するものである。 【0058】

本発明の初期弾道測定装置においては、ゴルフボールに特別なマークを設けることなく 、最初に記録されたゴルフボールの像の所定の領域から濃度パターンを抽出する。そして 、次時刻に記録されたゴルフボールの像の全領域について、最初に記録されたゴルフボー ルの像と同様の条件で濃度パターンを得る。各時刻における濃度パターンをそれぞれ第1 の仮想球体および第2の仮想球体の表面に写像する。各仮想球体について、例えば、画像 相関法により、次時刻の第2の仮想球体における最初に記録されたゴルフボールの像の濃 度パターンの位置を特定する。これにより、従来、マークを設け、このマークの位置検出 を行ったのと同様に、ゴルフボールの3次元的な回転量(バックスピンおよびサイドスピ ン)を求めることができる。

【 0 0 5 9 】

しかも、本実施例においては、画像相関法を用いているので、次時刻におけるゴルフボ ールの輪郭領域で、濃度パターンの一部が記録されなかった場合でも、バックスピンおよ びサイドスピンを求めることができ、測定精度を従来のマークを追跡するものに比して高 10



いものとすることができる。このように、測定データについて高い汎用性を持たせること ができる。

(13)

【0060】

また、一般的にゴルフボールには、公認球であるか否かを判断するために、マークが付けられており、さらにディンプルも形成されている。さらに、ゴルフボールには、ゴルフ ボールを製作する際に生じるバーティングラインがあるものもある。また、汚れなどが付 着していることもある。このようなマーク、ディンプル、パーティングラインおよび汚れ などを、所定の階調数を有する濃度データに変換し、特定の濃度パターンを得、それを第 1の画像情報および第2の画像情報とすることができる。このため、ゴルフボールをその まま用いることができ、初期弾道を容易に測定することができる。

【0061】

次に、本発明の飛翔体の飛翔挙動測定方法の一例として、ゴルフボールの初期弾道算出 方法を例にして、詳細に説明する。

先ず、本実施例の初期弾道測定装置10のキャリブレーション方法について説明する。 図6(a)は本発明の実施例に係る初期弾道測定装置のキャリブレーション方法を説明 する模式図であり、(b)はキャリブレーションに用いられる複数の測定点が記録された 校正板を示す模式図である。なお、参照符号Lは、校正板を示し、図6(a)に実線で示 される校正板Lの位置が、ゴルフボール8がセットされる位置である。また、図6(a) および(b)に示す座標軸は、図4に対応するものである。

本実施例のキャリブレーションにおいては、先ず、図6(a)に示すように、校正板L をゴルフボールがセットされる位置に配置し、校正板Lを撮像する。この校正板Lは、所 定の大きさの円Bが、直交する2方向に同じピッチpで形成されている。

【0062】

次に、ピッチpと同じ距離tだけ、校正板Lを第1の水平軸Wと平行な方向に移動させて、校正板Lを撮像する。このように、校正板Lを移動させて撮像することにより、直交する3軸方向に対して、所定の大きさの円Bが、等間隔な空間格子上で撮影されることになる。この空間格子上の各点の円Bの撮影画像における位置を設定部49に記憶させる。

これにより、2方向、それぞれの撮影方向から撮影された空間格子上における各点の位置と、各点の撮影画像における位置との関係がわかる。すなわち、2方向から撮影された撮影画像における各点の位置から、カメラの位置(被写体からの距離)、および撮影角度などが算出できる。このため、2方向から撮像された各撮影画像における各ゴルフボールの重心位置の座標から、ゴルフボールの第1の水平軸Wにおける位置が特定できる。よって、ゴルフボールの3次元空間における位置を特定できる。

[0063]

ここで、図7は、本実施例のゴルフボールの初期弾道特性値の測定方法を説明するフロ ーチャートである。また、図8(a)~図8(c)は、本実施例の初期弾道測定装置のC CDカメラの動作を制御する信号のタイミングの一例を説明するタイミングチャートであ る。

[0064]

図 7 に示すように、先ず、ゴルファ 4 または図示しないスイングロボットによってゴル フクラブ 6 のスイングが開始される(ステップ S 1 0 0 )。

次に、ゴルフクラブ6のゴルフクラブヘッドがインパクト直前の領域に設置された図示 しないゴルフクラブヘッド検出装置の検出位置を通過すると、図8(a)に示すようなト リガー信号がゴルフクラブヘッド検出装置において生成されて(ステップS102)、ゴ ルフクラブヘッド検出装置から制御装置22に送られる。

【0065】

制御装置22では、トリガー信号の立ち上がりからT<sub>1</sub>秒後にCCDカメラ16の電子 シャッタが開くように、図8(b)に示すようなカメラ作動信号が生成されてCCDカメ ラ16に送られ、このカメラ作動信号によって、電子シャッタがT<sub>2</sub>秒間開く(ステップ S104)。

50

40

10



[0066]

同時に、制御装置22から、図8(c)に示すようなストロボ発光信号が図示しないス トロボに送られ、電子シャッタが開くT₂秒の間に、T₃秒の時間間隔でストロボが2回 発光して(ステップS106)、ゴルフボール8を照明する。こうしてT₃秒間隔の2回 のストロボ発光によって、打ち出された直後のゴルフボール8の初期弾道が記録され(ス テップS108)、T₃秒の時間経過前後におけるゴルフボールの像が撮像された1つの 平面画像30が得られる。

なお、後述するように、1つの平面画像を得るのに2回以上シャッタを開いてゴルフボ ールの像を撮像する、すなわち多重露光による撮像を行う高速度カメラを用いてもよい。 【0067】

同時に、図示しないヘッドスピード計測装置によってゴルフクラブ6のヘッドスピード が計測される(ステップS110)。このヘッドスピード計測装置は、本実施例のゴルフ ボール8の初期弾道測定装置とは別の装置であってもよい。また、ヘッドスピード計測装 置としては、前述のゴルフクラブヘッド検出装置に所定の間隔で2個のセンサーを配置し 、この2個のセンサーでクラブヘッドを検出する時間間隔によってゴルフクラブのヘッド スピードを計測するものであってもよい。

【0068】

ステップS108で得られたゴルフボール8の初期弾道を記録した平面画像30(図3 参照)は、ステップS110で得られたゴルフクラブのヘッドスピードなどのデータとと もに表示装置48に表示される(ステップS112)。

20

30

40

10

このとき、平面画像30(図3参照)が、画像読取部40でデジタルデータとして読み 取られ、周囲の環境などの不要な画像を消去した後、ゴルフボール8の像32、34、3 6、38の外形を画像処理して、各時刻におけるゴルフボールの各輪郭領域を検出する( ステップS114)。

次に、各ゴルフボールの輪郭領域の大きさ(直径)、および重心位置を算出し、各ゴル フボールの輪郭領域の重心位置の座標を算出する(ステップS116)。

[0069]

これらの輪郭領域の重心位置の座標、および時間間隔に基づいて、ゴルフボールの3次 元的な移動方向および移動量を算出する。本実施例においては、予めキャリブレーション により、ゴルフボールの重心位置の座標と、第1の水平軸Wにおける位置との関係を求め ているので、撮影画像における輪郭領域の重心位置の座標に基づいて第1の水平軸W方向 における移動量も算出できる。

次に、得られた3次元的な移動量からゴルフボールの打ち出し角度および初速度を算出 する。この算出結果を記憶部45に出力する。

[0070]

次に、各ゴルフボールの輪郭領域の濃度パターンを抽出する(ステップS118)。

ステップS118における濃度パターンの抽出は、最初に記録されたゴルフボールの輪 郭領域(ゴルフボールの像)について、その輪郭領域内で、例えば、2の階調数を有する 濃度データに変換する。次に、得られた濃度分布について、特定の濃度パターンを第1の 画像情報とする。

また、所定時間経過後のゴルフボールの輪郭領域(ゴルフボールの像)についても、最 初に記録したゴルフボールの輪郭領域の濃度パターンと同じ算出条件で、濃度データに変 換する。

【0072】

なお、濃度パターン(第1の画像情報)を算出する領域の大きさおよび数は、特に限定 されるものではない。濃度パターンを算出する領域の数は、測定精度を向上させるために 、複数あることが好ましい。なお、濃度パターンは、試験者が設定してもよい。このよう にして決定された特定パターンは、設定部49に記憶される。

【0073】

次に、ゴルフボールの像34から抽出された濃度パターン35aを、第1の仮想球体Qの表面に写像し、ゴルフボールの像32から抽出された濃度パターン33aを第2の仮想 球体qの表面に写像する(ステップS120)。

次に、第1の仮想球体Qに回転処理を施し、第1の仮想球体Qを3次元的に回転させ、 第2の仮想球体qと比較する。このとき、相関係数が最も高いか、または所定の相関係数 以上の値であるかを判断する。相関係数が最も高くなるか、または所定の相関係数以上の 値となるまで、繰り返し第1の仮想球体Qを回転処理を施す。すなわち、繰り返し第1の 仮想球体Qを3次元的に回転させる。このようにして、第2の仮想球体qにおける第1の 仮想球体Qの濃度パターン35aの位置を特定する。

[0074]

本実施例において、ゴルフボールは、球体であり、回転運動するので、必ずしも濃度パ ターンの形状(画像情報)は維持されない。このような場合であっても、回転処理された 第1の仮想球体Qと、第2の仮想球体qとの相関係数が最も高いか、または所定の値以上 の相関係数である場合における回転処理に用いられた値を3次元的な回転量とする。

なお、本実施例においては、例えば、濃度パターンで表される所定の領域が球面上にあ ることを考慮して、濃度パターンで表される所定の領域が、回転運動により変形したシミ ュレーション画像を作成し、このシミュレーション画像を用いて相関係数を求めてもよい

[0075]

次に、ステップS120で求められた3次元的な回転量に基づいて、3次元空間におけ る回転軸および回転軸周りの回転量(回転成分)を算出する(ステップS122)。 次に、この3次元空間における回転軸および回転軸周りの回転量(回転角度)を、ゴル フボールの緯線方向および経線方向における各回転成分に分けて、すなわち、3次元空間 における回転軸および回転量を図4に示す垂直軸V方向、および第1の水平軸W方向に投 影する。そして、時間間隔を用いて、バックスピンおよびサイドスピンなどの初期弾道特 性値を演算部44で算出する。

[0076]

測定が終了した時点でゴルフボール 8 の初期弾道特性値を記憶部 4 5 に保存し(ステッ プ S 1 2 4 )、ゴルフボール 8 の初期弾道測定装置 2 による測定を終了する。 【 0 0 7 7 】

上記測定方法は、CCDカメラ16のシャッタが開いている間に、T<sub>3</sub>秒間隔で2回ス トロボを発光させてゴルフボールの像を撮像するが、図9(a)~(c)に示すように、 高速度カメラを用いて、トリガー信号(図9(a))の立ち上がりからT<sub>1</sub>秒後にシャッ タを開き、続いてシャッタをT<sub>3</sub>秒後に再度開くようにカメラ作動信号(図9(b))を 生成し、ゴルフボールの像を2重露光して撮像してもよい。この場合、撮像に十分な光量 が確保できない場合、図9(c)に示すように、少なくともシャッタが2回開く間中スト ロボを長時間発光させるようにストロボ発光信号を生成する。または、2回のシャッタに 同期させて、ストロボを2回発光させるストロボ発光信号を生成する。一方、撮像に十分 な光量が自然光などにより確保できればストロボなどの照明光を不要とする。特に、2重 露光による撮像を屋外で行う場合、十分な光量が得られるので、ストロボなどの照明光が 不要となり、撮像を容易に行うことができる。

【0078】

本実施例の初期弾道測定方法においては、記録された2つのゴルフボールの像について 、それぞれ濃度データに変換して、最初に記録されたゴルフボールの濃度パターンを求め る。この濃度パターンが、次に記録されたゴルフボールの輪郭領域において一致する領域 を、例えば、画像相関法を用いて特定することにより、ゴルフボールの3次元空間におけ る回転軸および回転軸周りの回転量が求められる。これにより、例えば、記録間隔に基づ いて、ゴルフボールのバックスピンおよびサイドスピンを求めることができる。また、本 実施例の初期弾道測定方法は、ゴルフボールの輪郭領域の大きさおよび重心位置を算出す ることにより、打出角度および移動速度も算出することができる。

10

【0079】

また、画像相関法を用いて所定時間経過後のゴルフボールの位置を求めているので、例 えば、サイドスピンが多く、濃度パターンを算出する領域の一部が欠けてしまい、その領 域全体が検出できない場合でも、ゴルフボールの位置を特定することができる。このため 、本実施例の初期弾道測定方法は、自動計測に好適である。

【0080】

さらに、従来のマークを検出し、追跡する方法では、マークの一部が記録されない場合 には、初期弾道の測定精度が著しく低下することが知られているが、本実施例の初期弾道 測定方法においては、上述の如く、画像相関法を用いているので、測定精度が低下するこ とがない。

さらにまた、特定のマークを設けることなく、測定することができるので、測定を更に 容易にすることができる。例えば、ゴルフボールには、公認球であるかを判断するために 、何らかのマークが付けられている。本実施例の初期弾道測定方法は、このマークを利用 することにより測定できる。

【0081】

また、本実施例においては、球体であることを前提にして、画像相関法を用いて、濃度 パターンを特定しているので、所定時間経過後の像における濃度パターンとの一致の推定 も容易である。

なお、ゴルフボールの像において、濃度パターンを算出する領域は、1つに限定される ものではない。複数の領域について、濃度パターンを算出し、画像相関法により、その各 濃度パターンと、次時刻に記録されたゴルフボールに輪郭領域における所定の相関係数以 上で一致する領域を特定して、ゴルフボールの3次元空間における回転軸および回転量を 求め、更に、例えば、バックスピンおよびサイドスピンを算出するようにしてもよい。こ れにより、測定精度を更に向上させることができる。

【 0 0 8 2 】

さらに、本実施例においては、例えば、ゴルファの打球毎に打撃方向のばらつきがあり 、打球の実際の飛翔方向が、必ずしも設定された飛翔体の目標方向(飛翔方向)と一致し ない場合には、打出し方向について、第1の時刻の像(ゴルフボールの像34)と第2の 時刻の像(ゴルフボールの像32)との移動方向を水平面上に投影した線に基づいて設定 してもよい。

この場合、打出角度は、第1の時刻の像(ゴルフボールの像34)と第2の時刻の像( ゴルフボールの像32)との移動方向と、水平面HSとのなす角度で表される。このとき 、ゴルフボールの3次元空間における回転軸および回転量を求める3軸は、例えば、図4 に示す第1の水平軸W、垂直軸V、および前記打出し方向と平行な軸H(図示せず)の3 軸とする。

【0083】

次に、本発明の移動体の移動パラメータ測定装置の第2の実施例について説明する。 図10は本発明の移動体の移動パラメータ測定装置の第2の実施例を概念的に示す平面 図である。なお、図1に示す第1の実施例の初期弾道測定装置2と同様の構成物には、同 一符号を付して、その詳細な説明は省略する。

【0084】

図10に示す本実施例のゴルフボールの初期弾道測定装置2aは、図1に示す初期弾道 測定装置2と比して、ミラーの配置構成が異なり、それ以外の第1の実施例の初期弾道測 定装置2の構成と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

図10に示すように、初期弾道測定装置2aにおいては、ミラー80、82と、調整用 ミラー84と、ハーフミラー86と、CCDカメラ90と、CCDカメラ90と接続され た制御装置22aと、初期弾道パラメータ算出部17とを有して構成される。 【0085】

ミラー80、82と、調整用ミラー84と、ハーフミラー86と、CCDカメラ90は 本体部92を構成し、本体部92はケース20aに収納され携帯可能となっている。制御 10

20



装置22aはCCDカメラ90と接続され、CCDカメラ90から出力される画像は初期 弾道パラメータ算出部17に供給されるように初期弾道パラメータ算出部17と接続され ている。また、初期弾道パラメータ算出部17に表示装置48が接続されている。

ケース20aに収納される本体部92は、ゴルフボール8を試打するゴルファ4とゴル フボール8を挟んで対向する位置に配置される。

[0086]

ミラー80、86は、ゴルフボール8を異なる2方向から見たゴルフボール8の像を反 射するミラーで、ゴルフボール8の打ち出し方向(図10中右方向)の異なる位置に配置 されている。

ゴルフボール8は、ゴルファ4の試打によって、打ち出し方向に打ち出されるが、打ち 出された直後のゴルフボール8の像は、ミラー82で反射されてハーフミラー86に投影 され、投影されたゴルフボール8の像はハーフミラー86を透過してCCDカメラ90に 至るように構成されている。

また、打ち出された直後のゴルフボール8の像は、ミラー80で、この後、調整用ミラ ー84で反射され、調整用ミラー84で反射されたゴルフボール8の像はさらにハーフミ ラー86で反射されてCCDカメラ90に至るように構成されている。 【0087】

このような2つのゴルフボール8の像が、CCDカメラ90で撮影される場合、異なる 方向から見たゴルフボール8の像が可能な限り重ならないように、ミラー80、82また は調整用ミラー84の配置が調整されている。

10

20

30

本実施例は、上記第1の実施例と異なり、ミラー80、82を打ち出し方向の前後方向 に配置している。しかし、本実施例のミラー80、82の配置は、打ち出し方向の前後方 向に配置することに限定されるものでなく、上述の第1の実施例と同様に鉛直方向の異な る位置に配置されてもよい。

また、本実施例は、上記第1の実施例と異なり、調整用ミラー84を有して構成される 。調整用ミラー84を有する理由については後述する。

[0088]

上述したように、本実施例では調整用ミラー84を有する。

この調整用ミラー84は、ミラー80とハーフミラー86とともに投影された像を反射 するので、CCDカメラ90で撮像するゴルフボール8の像はゴルフボール8の鏡像とな る。一方、ミラー82で反射しハーフミラー86で透過してCCDカメラ90に至るゴル フボール8の像も鏡像となる。このように調整用ミラー84は、ミラー80で反射されて CCDカメラ90に至るゴルフボール8の像を鏡像とするための調整用のミラーであり、 ミラー82で反射されてCCDカメラ90に至るゴルフボール8の像と同様に鏡像となる

[0089]

このため、本実施例において、CCDカメラ90で打ち出された直後のゴルフボール8 の像をストロボ発光して実際に撮像すると、すなわち、打ち出されたゴルフボール8の像 を一定の時間間隔で2回撮像すると、4つのゴルフボールの像が得られる。

この場合、調整用ミラー84を用いて、撮像されるゴルフボール8の像は共に鏡像とな り、ゴルフボール8の4つの像は同一方向に移動する。従って、各方向から撮影されるゴ ルフボール8の像を近接させても、各ゴルフボールの像が重なることは極めて少なくなる

[0090]

なお、本発明においては、本実施例のように撮像するゴルフボールの像をともに鏡像と する場合に限定されるものではなく、ともに正像とするように構成してもよい。さらに、 調整用ミラーは、本実施例の構成のように、ミラー80により反射される光と、ハーフミ ラー86により反射される光とが交わる場所のみならず、ミラー82とハーフミラー86 との間に配置してもよい。

また、本実施例では、調整用ミラーを1つ用いるが、調整用ミラーを奇数個用いて鏡像

としてもよい。少なくとも、ミラー80の反射によってCCDカメラ90に至るゴルフボール8の像とミラー82の反射によってCCDカメラ90に至るゴルフボール8の像をと もに鏡像または正像とするように調整用ミラーを配置することが好ましい。 【0091】

なお、第1の実施例、および第2の実施例においては、ゴルフボールの第1の水平軸W 方向における位置算出に2方向からのステレオ投影法を用いたが、本発明は、これに限定 されるものではない。例えば、1方向から撮影された画像を用い、この記録されたゴルフ ボールの輪郭領域の大きさにより、ゴルフボールの3次元空間における飛翔体の大きさを 特定するようにしてもよい。

【0092】

この場合、例えば、図6(b)に示す校正板Lをピッチpと同じ距離tだけ、第1の水 平軸Wと平行な方向に移動させて、校正板Lを撮像する。このとき、校正板Lを距離tだ け移動させて撮像するため、直交する3軸方向に対して所定の大きさの円Bが等間隔な空 間格子上で撮影されることになる。このときの空間格子上の各点における円Bの撮影画像 の大きさを設定部49に記憶する。これにより、空間格子上の各点の位置と、それに対応 する円Bの撮影画像の大きさとの関係がわかる。よって、測定対象物の大きさを、設定部 49に設定しておけば、撮影画像から第1の水平軸W方向における位置が特定できる。こ のようにして、ゴルフボール(測定対象物)の3次元空間における位置が特定できる。

このため、第1の実施例および第2の実施例においては、ゴルフボールの輪郭の大きさ によりゴルフボールの3次元空間における位置を特定することもできる。

【0093】

次に、ゴルフボールの輪郭の大きさに基づいて、ゴルフボールの3次元空間における位 置を特定する測定方法について説明する。

この場合、位置算出部42により、ゴルフボール8の各像32、34、36、38の輪 郭領域の直径が算出され、演算部44に出力される。そして、演算部44において、輪郭 領域の直径に基づいて、第1の水平軸W方向におけるゴルフボール8の位置が特定される 。これにより、ゴルフボール8の3次元的な移動方向が算出される。これ以外の測定方法 は、第1の実施例と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

【0094】

また、上述の第1の実施例および第2の実施例においては、2方向から見た像を記録で きるものとしたが、本発明は、これに限定されるものではない。

図11(a)に示す平面画像70に表されるように、例えば、ロゴ61が印刷されたゴ ルフボール60を1方向から記録されたものにも適用できる。

ここで、図11(a)および(b)は、本発明の第3の実施例に係る飛翔体の飛翔挙動 測定装置の一例の初期弾道測定装置による測定方法を工程順に示す模式図である。 【0095】

図11(a)において、ゴルフボールの像60が最初に記録された画像であり、ゴルフ ボールの像62が所定時間経過後に記録された画像である。この場合、ロゴ61が所定時 間経過後には、ロゴ63の一部が欠けてしまっている。このように、ロゴ63が、一部欠 けた場合、従来の方法では、自動計測できない。

【0096】

本実施例においては、ゴルフボールの像60を、例えば、二値化処理し、ロゴ61の部 分の濃度パターンを得る。この濃度パターンは、図11(b)に示す第1の仮想球体Qの 表面に写像されたマーク61aで表されるものである。このマーク61aを特定点(濃度 パターン)とする。そして、所定時間経過後のゴルフボールの像についても、マーク61 aを得る条件と同じ条件で、二値化処理する。この場合、図11(b)に示す第2の仮想 球体qの表面に写像されたマーク63aが得られる。

【0097】

本実施例においても、第1の仮想球体Qに回転処理を施して、この回転処理された第1 の仮想球体Qと、第2の仮想球体qとの相関を画像相関法を用いて求めることにより、マ 10

40

ーク61 a の第2 の仮想球体 q における位置を特定する。これにより、ゴルフボールの3次元空間における回転軸およびこの回転軸周りの回転量を得ることができる。 【0098】

そして、得られた3次元空間における回転軸およびこの回転軸周りの回転量に基づいて、例えば、ゴルフボールのバックスピンおよびサイドスピンを算出することができる。この場合においても、ゴルフボールの3次元的な打出角度および移動速度の算出ができることは言うまでもない。

【0099】

なお、本実施例においても、ユーザが確認するために、図12に示すように、マーク6 1aが設けられた輪郭画像60aおよびマーク63aが設けられた輪郭画像62aを有す る平面画像70aを表示装置48に表示させる。

【0100】

また、本実施例においては、1方向からゴルフボールを撮像している。このため、ゴル フボールの3次元空間における位置は、記録されたゴルフボールの輪郭領域の大きさに基 づいて特定される。この場合、上述の如く、図6(a)に示すように、空間格子上の各点 の位置と、それに対応する円Bの撮影画像の大きさとの関係を求める。これにより、ゴル フボールの輪郭領域の大きさからゴルフボールの3次元空間における位置を特定すること ができる。

[0101]

なお、上述のいずれの実施例においても、最初に記録されたゴルフボールの像と、所定 時間経過後に記録されたゴルフボールの像とについて、それぞれ濃度パターンを抽出する 。そして、各濃度パターンを個別に仮想球体の表面に写像する。これらの各仮想球体を画 像相関法を用いて、濃度パターンの位置を特定することにより、ゴルフボールの回転量を 算出している。このような特定点(濃度パターン)の一致には、公知のPIV(Particle Image Velocimetry:粒子画像流速測定法)に用いられる画像相関法を用いることができ る。

また、上述のいずれの実施例においても、例えば、ゴルフボールのバックスピンおよび サイドスピンを算出することを例に説明したが、ゴルフボール(飛翔体)の3次元空間に おける弾道シミュレーションに利用できることは言うまでもない。

また、上述のいずれの実施例においても、濃度データは、階調数を2としたが、本発明 はこれに限定されるものではない。本発明においては、任意の階調数の濃度データを画像 特徴量とすることができる。

【0102】

本発明は、基本的に以上のようなものである。

以上、本発明の飛翔体の飛翔挙動測定装置および飛翔体の飛翔挙動測定方法について詳 細に説明したが、本発明は上記実施例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲にお いて、種々の改良または変更をしてもよいのはもちろんである。

本発明の飛翔体の飛翔挙動測定装置および飛翔体の飛翔挙動測定方法は、ゴルフボール 以外の球体の飛翔体、例えば、野球のボール、またはテニスのボールなどの移動速度、移 動方向、回転角速度および回転方向の測定にも同じように適用することが可能である。 【0103】

また、飛翔体の3次元空間における回転軸およびこの回転軸周りの回転量により求める ものは、垂直軸V(図4参照)周りのサイドスピンおよび第1の水平軸W(図4参照)周 りのバックスピンに限定されるものではない。本発明においては、飛翔体の図4に示す第 2の水平軸H周りの回転量(単位時間当たりの回転数)を算出することもできる。 【図面の簡単な説明】

[0104]

【図1】本発明の第1の実施例に係る飛翔体の飛翔挙動測定装置の一例である初期弾道測 定装置を示す模式的側面図である。

【図2】本実施例の演算部の構成を示すブロック図である。

10

【図3】本実施例の初期弾道測定装置により得られた画像の一例を示す模式図である。 【図4】本実施例におけるゴルフボールの回転軸および回転量の算出方法を説明する模式 的斜視図である。 【図5】本実施例の輪郭画像を示す模式図である。 【図6】(a)は本発明の実施例に係る初期弾道測定装置のキャリブレーション方法を説 明する模式図であり、(b)はキャリブレーションに用いられる複数の測定点が記録され た校正板を示す模式図である。 【図7】本実施例のゴルフボールの初期弾道特性値の測定方法を説明するフローチャート である。 【図8】(a)~(c)は、本実施例の初期弾道測定装置のCCDカメラの動作を制御す る信号のタイミングの一例を説明するタイミングチャートである。 【図9】(a)~(c)は、本実施例の初期弾道測定装置のCCDカメラの動作を制御す る信号のタイミングの他の例を説明する説明図である。 【図10】本発明の第2の実施例に係る飛翔体の飛翔挙動測定装置の一例である初期弾道 測定装置を示す模式的側面図である。 【図11】(a)および(b)は、本発明の第3の実施例に係る飛翔体の飛翔挙動測定装 置の一例の初期弾道測定装置による測定方法を工程順に示す模式図である。 【図12】本実施例の輪郭画像を示す模式図である。 【図13】特許文献1におけるゴルフボールの動作の解析方法を説明する模式図である。 【図14】特許文献2におけるゴルフボールの動作の解析方法を説明する模式図である。 【符号の説明】 [0105]2、2a 初期弾道測定装置 4 ゴルファ ゴルフクラブ 6 8 ゴルフボール 10、12、80、82 ミラー 14、86 ハーフミラー 16、90 CCDカメラ 17 初期弾道特性算出部 18 対称平面 20、20a ケース 22、22a 制御装置 30 平面画像 32、34、36、38 ゴルフボールの円形状の像 33、35、37、39 ゴルフボールの輪郭画像 33a、35a、37a、39a 濃度パターン 4 0 画像読取部 4 2 位置算出部 44 演算部 45 記憶部 46 СРИ 48 表示装置 49 設定部 50 移動量算出手段 5 2 画像パターン算出手段 5 4 回転成分算出手段 84 調整用ミラー Q 第1の3次元仮想球体(第1の仮想球体) q 第2の3次元仮想球体(第2の仮想球体)

50

10

20

30





【図3】







【図5】











(22)

【図7】

【図10】













2a

20a







Q(60)

۶H

(b)

61a

q(62)

A









Ŵ



フロントページの続き

(72)発明者 三枝 宏

神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内