

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6467766号  
(P6467766)

(45) 発行日 平成31年2月13日(2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日(2019.1.25)

(51) Int.Cl. F I  
**A 6 3 B 69/36 (2006.01)** A 6 3 B 69/36 5 4 1 P

請求項の数 19 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-130656 (P2013-130656)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年6月21日 (2013.6.21)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-2914 (P2015-2914A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年1月8日 (2015.1.8)	(74) 代理人	100090479
審査請求日	平成28年6月17日 (2016.6.17)		弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100104710
			弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100124682
			弁理士 黒田 泰
		(72) 発明者	佐藤 雅文
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	澁谷 和宏
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 運動解析方法、運動解析装置および運動解析プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時における運動具の打球面の初期姿勢からターゲットラインを特定する工程と、

前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における運動具の移動軌跡を特定する工程と、

前記ターゲットラインおよび前記移動軌跡の情報をを用いて、打球の弾道の種類を判定する工程と、

をコンピューターが実行し、

前記移動軌跡を特定する工程は、前記インパクト時の前記打球面の位置を示す第1座標点と、前記インパクトより前のサンプリング点で前記打球面の位置を示す第2座標点とを特定する工程を含み、

打球の弾道の種類を判定する工程は、前記第1座標点と前記第2座標点とを結ぶ線分と、前記ターゲットラインとの成す角度を求める工程を含み、前記角度に基づいて打球の弾道の種類を判定することを特徴とする運動解析方法。

【請求項2】

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時および運動中のインパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定する工程と、

前記慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時における運動具の打球面の初期姿勢からターゲットラインを特定する工程と、

10

20

前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における前記運動具の移動軌跡を特定する工程と、

前記静止時における前記打球面の初期姿勢に対する前記インパクト時における前記打球面の姿勢、前記ターゲットラインおよび前記運動具の移動軌跡の情報を用いて打球の弾道の種類を判定する工程と、

をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の運動解析方法において、

慣性センサーは、3 軸加速度センサーおよび 3 軸ジャイロセンサーを含むことを特徴とする運動解析方法。

10

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の運動解析方法において、

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期位置を特定する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の運動解析方法において、

運動開始時の前記打球面に対する前記インパクト時の前記打球面の角度の変化を算出する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の運動解析方法において、

前記移動軌跡の特定にあたって、前記インパクト時の前記打球面の位置を示す第 1 座標点と、前記インパクトより前のサンプリング点で前記打球面の位置を示す第 2 座標点とを特定する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

20

【請求項 7】

請求項 4 または 6 に記載の運動解析方法において、

静止時の前記打球面の前記位置における前記打球面に直交する線分に対する前記インパクト時の前記移動軌跡の入射角度を算出する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の運動解析方法において、

前記打球の弾道の種類を判定した結果を表示する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

30

【請求項 9】

請求項 2 に記載の運動解析方法において、

一方の座標軸で前記打球面の姿勢を示し、他方の座標軸で前記インパクト時における前記移動軌跡の状態を表示する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の運動解析方法において、

前記一方の座標軸を複数の領域に分割し、前記他方の座標軸を複数の領域に分割して、行列表示する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

40

【請求項 11】

請求項 10 に記載の運動解析方法において、

前記行列表示のうち中央の領域に直進方向の打球の弾道を割り当てて表示する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 12】

請求項 9 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の運動解析方法において、

ユーザーが目標とする打球の弾道を特定する目標領域を含む画像を重ねて表示する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 13】

50

請求項 9 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の運動解析方法において、  
最新のスイング動作に基づきプロットを表示する際に、過去のプロットから視覚的に区別づけて最新のプロットを表示する工程をコンピューターが実行することを特徴とする運動解析方法。

【請求項 14】

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時における運動具の打球面の初期姿勢からターゲットラインを特定する静止時解析部と、

前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における運動具の移動軌跡を特定するインパクト時解析部と、

前記ターゲットラインおよび前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する判定部と、  
を備え、

前記インパクト時解析部は、前記インパクト時の前記打球面の位置を示す第 1 座標点と、前記インパクトより前のサンプリング点で前記打球面の位置を示す第 2 座標点とを特定し、

判定部は、前記第 1 座標点と前記第 2 座標点とを結ぶ線分と、前記ターゲットラインとの成す角度を求め、前記角度に基づいて打球の弾道の種類を判定することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 15】

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時における運動具の打球面の初期姿勢を特定し、前記初期姿勢からターゲットラインを特定する静止時解析部と、

前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定し、かつ、インパクト前からインパクト時における前記運動具の移動軌跡を特定するインパクト時解析部と、

前記静止時における前記打球面の初期姿勢に対する前記インパクト時における前記打球面の姿勢、前記ターゲットラインおよび前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する判定部と、  
を備えることを特徴とする運動解析装置。

【請求項 16】

請求項 14 または 15 に記載の運動解析装置において、  
前記慣性センサーは、3 軸加速度センサーおよび 3 軸ジャイロセンサーを含むことを特徴とする運動解析装置。

【請求項 17】

請求項 14 または 15 に記載の運動解析装置において、  
慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期位置を特定することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 18】

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時における運動具の打球面の初期姿勢からターゲットラインを特定する手順と、

前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における運動具の移動軌跡を特定する手順と、

前記ターゲットラインおよび前記移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する手順と、  
をコンピューターに実行させ、

前記移動軌跡を特定する手順は、前記インパクト時の前記打球面の位置を示す第 1 座標点と、前記インパクトより前のサンプリング点で前記打球面の位置を示す第 2 座標点とを特定する手順を含み、

打球の弾道の種類を判定する手順は、前記第 1 座標点と前記第 2 座標点とを結ぶ線分と、前記ターゲットラインとの成す角度を求める手順を含み、前記角度に基づいて打球の弾道の種類を判定することを特徴とする運動解析プログラム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 19】

慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時および運動中のインパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定する手順と、

前記慣性センサーの出力を用いて、運動開始前の静止時における運動具の打球面の初期姿勢からターゲットラインを特定する手順と、

前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における前記打球面の移動軌跡を特定する手順と、

前記静止時における前記打球面の初期姿勢に対する前記インパクト時における前記打球面の姿勢、前記ターゲットラインおよび前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する手順と、

をコンピューターに実行させることを特徴とする運動解析プログラム。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、運動解析方法、運動解析装置および運動解析プログラム等に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献1に記載されるようにスイングの表示方法は一般に知られる。この表示方法では、x軸にクラブヘッドの進入角が割り当てられ、y軸にフェース角が割り当てられる。こうした二次元座標系に従って、画面にスライスエリア、フェードエリア、ストレートエリア、ドローエリアおよびフックエリアが表示される。打撃時（インパクト時の）フェース角とクラブヘッドの進入角とから、スイング動作で測定されたフェース角および進入角がプロットされる。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2011-110164号公報

【特許文献2】特開2008-73210号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

30

## 【0004】

特許文献1に記載の表示方法ではフェース角および進入角の測定にあたってスイング動作はカメラで撮影される。このとき、撮影された三次元空間ではゴルフボールの中心と目標とを結ぶ目標線が特定される。目標線を基準にフェース角および進入角は計測される。ゴルファーが期待する打球方向から打球がそれた際に、アドレス時の身体の向きが影響したのか、あるいは、スイング動作そのものが影響したのか、を区別することができなかった。こうした影響因子ごとに解析が実施されれば、ゴルファーはより効率的に自分のスイングのフォームに改良を加えることができると考えられる。

## 【0005】

本発明の少なくとも1つの態様によれば、身体の向きに影響されずにスイング動作から打球方向を特定する運動解析方法、運動解析装置および運動解析プログラムを提供できる。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

(1)本発明の一態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定する工程と、特定された前記打球面の姿勢の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する工程とを備える運動解析方法に関する。

## 【0007】

打球の弾道はインパクト時の打球面の姿勢で推定される。打球面の姿勢に応じて弾道の種類が決定される。弾道の種類の判定にあたって慣性センサーの出力が用いられる。撮影

50

された三次元空間で特定される目標線と違って、慣性センサーの出力はユーザーの身体の向きを反映することができる。したがって、期待する打球方向から打球がそれた際に、身体の向きの影響は推定されることができる。身体の向きに影響されずに、スイング動作から弾道の種類は特定される。こうして身体の向きに影響されずにスイング動作の解析が実施されるので、ユーザーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0008】

(2) 本発明の他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における運動具の移動軌跡を特定する工程と、特定された移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する工程とを備える運動解析方法に関する。

10

【0009】

打球の弾道はインパクト時の運動具の移動軌跡で推定される。移動軌跡に応じて弾道の種類が決定される。弾道の種類の判定にあたって慣性センサーの出力が用いられる。撮影された三次元空間で特定される目標線と違って、慣性センサーの出力はユーザーの身体の向きを反映することができる。したがって、期待する打球方向から打球がそれた際に、身体の向きの影響は推定されることができる。身体の向きに影響されずに、スイング動作から弾道の種類は特定される。こうして身体の向きに影響されずにスイング動作の解析が実施されるので、ユーザーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0010】

20

(3) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定する工程と、前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における前記運動具の移動軌跡を特定する工程と、特定された前記打球面の姿勢および前記運動具の移動軌跡の情報を用いて打球の弾道の種類を判定する工程とを備える運動解析方法に関する。

【0011】

打球の弾道はインパクト時の打球面の姿勢および移動軌跡で推定される。打球面の姿勢および移動軌跡の組み合わせに応じて弾道の種類が決定される。弾道の種類の判定にあたって慣性センサーの出力が用いられる。撮影された三次元空間で特定される目標線と違って、慣性センサーの出力はユーザーの身体の向きを反映することができる。したがって、期待する打球方向から打球がそれた際に、身体の向きの影響は推定されることができる。身体の向きに影響されずに、スイング動作から弾道の種類は特定される。こうして身体の向きに影響されずにスイング動作の解析が実施されるので、ユーザーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

30

【0012】

(4) 運動解析方法は、慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期姿勢を特定する工程を含むことができる。このとき、運動解析方法は、前記打球面の初期姿勢に対する前記インパクト時における前記打球面の姿勢を特定することができる。一般に、スイング動作の際に、予めユーザーはインパクトの位置で、運動具の打球面を確認する姿勢をとる。その際に、打球面の初期姿勢は確立される。打球面の初期姿勢に応じて打球の目標地点は設定される。こうした初期姿勢の打球面を基準にインパクト時の打球面の姿勢は特定されることから、ユーザーの身体の向きに影響されずに、スイング動作から弾道の種類が特定される。こうして身体の向きに影響されずにスイング動作の解析が実施されるので、ユーザーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

40

【0013】

(5) 運動解析方法は、慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期位置を特定する工程を含むことができる。一般に、スイング動作の際に、予めユーザーはインパクトの位置で、運動具の打球面を確認する姿勢をとる。打球面の初期位置は確立される。打球面の初期位置に応じて打球の目標地点は設定される。こうした初期

50

位置を基準にインパクト時の移動軌跡は特定されることから、ユーザーの身体の向きに影響されずに、スイング動作から弾道の種類が特定される。こうして身体の向きに影響されずにスイング動作の解析が実施されるので、ユーザーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0014】

(6) 運動解析方法は、前記運動開始時の前記打球面に対する前記インパクト時の前記打球面の角度の変化を算出する工程を備えることができる。こうした角度の算出によれば、角度の正負や大小に応じて打球の弾道はきめ細かく分類される。その結果、ユーザーはより効果的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0015】

(7) 運動解析方法は、前記移動軌跡の特定にあたって、前記インパクト時の前記打球面の位置を示す第1座標点と、前記インパクトより前のサンプリング点で前記打球面の位置を示す第2座標点とを特定する工程を備えることができる。移動軌跡の角度の算出にあたって第1座標点および第2座標点は特定される。第1座標点および第2座標点を含む平面(または線分)で移動方向のベクトルが特定される。こうして移動軌跡の角度は確実に算出できる。

【0016】

(8) 運動解析方法は、前記静止時の前記打球面の前記位置における前記打球面に直交する線分に対する前記インパクト時の前記移動軌跡の入射角度を算出する工程を備えることができる。こうした入射角度の算出によれば、角度の正負や大小に応じて打球の弾道はきめ細かく分類される。その結果、ユーザーはより効果的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0017】

(9) 運動解析方法は、前記打球の弾道の種類を判定した結果を表示する工程を備えることができる。弾道の種類が視覚的に提示されると、ユーザーは弾道の種類ごとに弾道のイメージを湧かせることができる。単純な数値的な提示に比べて、ユーザーには効果的に弾道のイメージが伝えられる。こうしたイメージに基づきユーザーは効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0018】

(10) 運動解析方法は、一方の座標軸で前記打球面の姿勢を示し、他方の座標軸で前記インパクト時における前記移動軌跡の状態を表示する工程を備えることができる。スイング動作が実施されると、打球面の姿勢および移動軌跡に応じて当該スイング動作の弾道が決定される。弾道は直交座標上でプロットされる。したがって、ユーザーは打球面の姿勢や移動軌跡に応じて簡単に弾道の種類を認識することができる。単純な数値的な提示に比べて、ユーザーには効果的に弾道のイメージが伝えられる。

【0019】

(11) 運動解析方法は、前記一方の座標軸を複数の領域に分割し、前記他方の座標軸を複数の領域に分割して、行列表示する工程を備えることができる。ユーザーは打球面の姿勢や移動軌跡に応じて簡単に弾道の種類を認識することができる。単純な数値的な提示に比べて、ユーザーには効果的に弾道のイメージが伝えられる。

【0020】

(12) 運動解析方法は、前記行列表示のうち中央の領域に直進方向の打球の弾道を割り当てて表示する工程を備えることができる。ユーザーは打球面の姿勢や移動軌跡に応じて簡単に弾道の種類を認識することができる。単純な数値的な提示に比べて、ユーザーには効果的に弾道のイメージが伝えられる。

【0021】

(13) 運動解析方法は、ユーザーが目標とする打球の弾道を特定する目標領域を含む画像を重ねて表示する工程を備えることができる。ユーザーはスイング動作の計測に先立って目標とする弾道を設定することができる。スイング動作が実施されると、ユーザーは、スイング動作で特定される弾道と、目標とする弾道との一致やずれを画像で簡単に観察

10

20

30

40

50

することができる。こうしてユーザーは、試行錯誤を通じてスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0022】

(14) 運動解析方法は、最新のスイング動作に基づきプロットを表示する際に、過去のプロットから視覚的に区別づけて最新のプロットを表示する工程を備えることができる。画像には過去のプロットが残存する。したがって、ユーザーは打球面の姿勢および移動軌跡の履歴を視覚的に確認することができる。履歴の確認にあたって、最新の弾道のプロットは過去の弾道のプロットから視覚的に区別づけられる。複数のプロットが残存しても、ユーザーは最新のスイング動作で形成されたプロットを簡単に抽出することができる。

【0023】

(15) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定するインパクト時解析部と、特定された打球面の姿勢の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する判定部とを備える運動解析装置に関する。

【0024】

(16) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における運動具の移動軌跡を特定するインパクト時解析部と、特定された前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する判定部とを備える運動解析装置に関する。

【0025】

(17) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定し、かつ、インパクト前からインパクト時における前記運動具の移動軌跡を特定するインパクト時解析部と、特定された前記打球面の姿勢および前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する判定部とを備える運動解析装置に関する。

【0026】

(18) 運動解析装置は、慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期姿勢を特定し、前記打球面の初期姿勢に対する前記インパクト時における前記打球面の姿勢を特定することができる。

【0027】

(19) 運動解析装置は、慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期位置を特定することができる。

【0028】

(20) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定する手順と、特定された前記打球面の姿勢の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する手順とをコンピューターに実行させる運動解析プログラムに関する。

【0029】

(21) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における運動具の移動軌跡を特定する手順と、特定された前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する手順とをコンピューターに実行させる運動解析プログラムに関する。

【0030】

(22) 本発明のさらに他の態様は、慣性センサーの出力を用いて、インパクト時における運動具の打球面の姿勢を特定する手順と、前記慣性センサーの出力を用いて、インパクト前からインパクト時における前記打球面の移動軌跡を特定する手順と、特定された前記打球面の姿勢および前記運動具の移動軌跡の情報を用いて、打球の弾道の種類を判定する手順とをコンピューターに実行させる運動解析プログラムに関する。

【0031】

(23) 運動解析プログラムは、慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期姿勢を特定し、前記打球面の初期姿勢に対する前記インパクト時にお

10

20

30

40

50

ける前記打球面の姿勢を特定する手順をコンピューターに実行させることができる。

【0032】

(24) 運動解析プログラムは、慣性センサーの出力を用いて、運動開始前における運動具の打球面の初期位置を特定する手順をコンピューターに実行させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の一実施形態に係るゴルフスイング解析装置の構成を概略的に示す概念図である。

【図2】運動解析モデルとゴルファーおよびゴルフクラブとの関係を概略的に示す概念図である。

【図3】クラブヘッドの構造を概略的に示す拡大正面図である。

【図4】一実施形態に係る演算処理回路の構成を概略的に示すブロック図である。

【図5】フェース面の角度および移動軌跡の角度の概念を示す図である。

【図6】画像の一具体例を示す図である。

【図7】弾道の種類を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0035】

(1) ゴルフクラブ解析装置の構成

図1は本発明の一実施形態に係るゴルフスイング解析装置(運動解析装置)11の構成を概略的に示す。ゴルフスイング解析装置11は例えば慣性センサー12を備える。慣性センサー12には加速度センサーおよびジャイロセンサーが組み込まれる。加速度センサーは互いに直交する三軸方向に個々に加速度を検出することができる。ジャイロセンサーは互いに直交する三軸の各軸回りに個別に角速度を検出することができる。慣性センサー12は検出信号を出力する。検出信号で個々の軸ごとに加速度および角速度は特定される。加速度センサーおよびジャイロセンサーは比較的精度よく加速度および角速度の情報を検出する。慣性センサー12はゴルフクラブ(運動具)13に取り付けられる。ゴルフクラブ13はシャフト13aおよびグリップ13bを備える。グリップ13bが手で握られる。グリップ13bはシャフト13aの軸に同軸に形成される。シャフト13aの先端にはクラブヘッド13cが結合される。望ましくは、慣性センサー12はゴルフクラブ13のシャフト13aまたはグリップ13bに取り付けられる。慣性センサー12はゴルフクラブ13に相対移動不能に固定されればよい。ここでは、慣性センサー12の取り付けにあたって慣性センサー12の検出軸の1つはシャフト13aの軸に合わせ込まれる。

【0036】

ゴルフスイング解析装置11は演算処理回路14を備える。演算処理回路14には慣性センサー12が接続される。接続にあたって演算処理回路14には所定のインターフェイス回路15が接続される。このインターフェイス回路15は有線で慣性センサー12に接続されてもよく無線で慣性センサー12に接続されてもよい。演算処理回路14には慣性センサー12から検出信号が供給される。

【0037】

演算処理回路14には記憶装置16が接続される。記憶装置16には例えばゴルフスイング解析ソフトウェアプログラム(運動解析プログラム)17および関連するデータが格納できる。演算処理回路14はゴルフスイング解析ソフトウェアプログラム17を実行しゴルフスイング解析方法を実現する。記憶装置16にはDRAM(ダイナミックランダムアクセスメモリー)や大容量記憶装置ユニット、不揮発性メモリー等が含まれることができる。例えばDRAMには、ゴルフスイング解析方法の実施にあたって一時的にゴルフスイング解析ソフトウェアプログラム17が保持される。ハードディスク駆動装置(HDD

10

20

30

40

50

)といった大容量記憶装置ユニットにはゴルフスイング解析ソフトウェアプログラムおよびデータが保存される。不揮発性メモリーにはBIOS(基本入出力システム)といった比較的の小容量のプログラムやデータが格納される。

【0038】

演算処理回路14には画像処理回路18が接続される。演算処理回路14は画像処理回路18に所定の画像データを送る。画像処理回路18には表示装置19が接続される。接続にあたって画像処理回路18には所定のインターフェイス回路(図示されず)が接続される。画像処理回路18は、入力される画像データに応じて表示装置19に画像信号を送る。表示装置19の画面には画像信号で特定される画像が表示される。表示装置19には液晶ディスプレイその他のフラットパネルディスプレイが利用される。ここでは、演算処理回路14、記憶装置16および画像処理回路18は例えばコンピューター装置として提供される。

10

【0039】

演算処理回路14には入力装置21が接続される。入力装置21は少なくともアルファベットキーおよびテンキーを備える。入力装置21から文字情報や数値情報が演算処理回路14に入力される。入力装置21は例えばキーボードで構成されればよい。コンピューター装置およびキーボードの組み合わせは例えばスマートフォンに置き換えられてもよい。

【0040】

(2)運動解析モデル

20

演算処理回路14は仮想空間を規定する。仮想空間は三次元空間で形成される。三次元空間は実空間を特定する。図2に示されるように、三次元空間は絶対基準座標系(全体座標系) $x_y_z$ を有する。三次元空間には絶対基準座標系 $x_y_z$ に従って三次元運動解析モデル26が構築される。三次元運動解析モデル26の棒27は支点28(座標 $x$ )に点拘束される。棒27は支点28回りで三次元的に振り子として動作する。支点28の位置は移動することができる。ここでは、絶対基準座標系 $x_y_z$ に従って、棒27の重心29の位置は座標 $x_g$ で特定され、クラブヘッド13cの位置は座標 $x_h$ で特定される。

【0041】

三次元運動解析モデル26はスイング時のゴルフクラブ13をモデル化したものに相当する。振り子の棒27はゴルフクラブ13のシャフト13aを投影する。棒27の支点28はグリップ13bを投影する。慣性センサー12は棒27に固定される。絶対基準座標系 $x_y_z$ に従って慣性センサー12の位置は座標 $x_s$ で特定される。慣性センサー12は加速度信号および角速度信号を出力する。加速度信号では、重力加速度 $g$ の影響が差し引かれた加速度

30

【数1】

$$(\ddot{x}_s - g)$$

が特定され、角速度信号では角速度 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ が特定される。

【0042】

演算処理回路14は同様に慣性センサー12に局所座標系 $s$ を固定する。局所座標系 $s$ の原点は慣性センサー12の検出軸の原点に設定される。局所座標系 $s$ の $y$ 軸はシャフト13aの軸に一致する。局所座標系 $s$ の $x$ 軸はフェースの向きで特定される打球方向に一致する。したがって、この局所座標系 $s$ に従って支点の位置 $l_{s_j}$ は $(0, l_{s_j y}, 0)$ で特定される。同様に、この局所座標系 $s$ 上では重心29の位置 $l_{s_g}$ は $(0, l_{s_g y}, 0)$ で特定され、クラブヘッド13cの位置 $l_{s_h}$ は $(0, l_{s_h y}, 0)$ で特定される。

40

【0043】

図3に示されるように、演算処理回路14は局所座標系 $s$ に従ってクラブヘッド13c上のフェース面31の姿勢および位置を特定する。姿勢および位置の特定にあたってフェース面31上には第1計測点32および第2計測点33が設定される。第1計測点32

50

および第 2 計測点 3 3 は相互に離れた位置に配置される。ここでは、第 1 計測点 3 2 はフェース面 3 1 のヒール 3 4 側端に位置し、第 2 計測点 3 3 はフェース面 3 1 のトゥー 3 5 側端に位置する。第 1 計測点 3 2 および第 2 計測点 3 3 は地面 G に平行な水平面 3 6 内に配置される。したがって、第 1 計測点 3 2 および第 2 計測点 3 3 を相互に結ぶ線分 3 7 は、地面 G に投影された際にフェース面 3 1 の向きを特定することができる。第 1 計測点 3 2 および第 2 計測点 3 3 はスコアライン 3 8 に平行な線分上に設定されればよい。

【 0 0 4 4 】

( 3 ) 演算処理回路の構成

図 4 は一実施形態に係る演算処理回路 1 4 の構成を概略的に示す。演算処理回路 1 4 は位置検出部 4 1 および姿勢検出部 4 2 を備える。位置検出部 4 1 および姿勢検出部 4 2 は慣性センサー 1 2 に接続される。位置検出部 4 1 には慣性センサー 1 2 から加速度信号が供給される。位置検出部 4 1 は 3 軸方向の加速度に基づきサンプリング点ごとに慣性センサー 1 2 の位置を算出する。位置の算出にあたって個々の検出軸ごとに加速度は二階積分される。こうして検出軸ごとに変位の方法成分 ( x 軸方向変位、 y 軸方向変位および z 軸方向変位 ) は特定される。慣性センサー 1 2 の位置は慣性センサー 1 2 に固有の局所座標系  $s$  の原点位置で特定される。

【 0 0 4 5 】

姿勢検出部 4 2 は 3 軸回りの角速度に基づきサンプリング点ごとに慣性センサー 1 2 の姿勢を算出する。算出にあたって角速度から回転行列  $R_s$  が特定される。

【 数 2 】

$$R_s = \begin{pmatrix} w^2 + x^2 - y^2 - z^2 & 2(xy - wz) & 2(xz + wy) \\ 2(xy + wz) & w^2 - x^2 + y^2 - z^2 & 2(yz - wx) \\ 2(xz - wy) & 2(yz + wx) & w^2 - x^2 - y^2 + z^2 \end{pmatrix}$$

ここでは、回転行列  $R_s$  の特定にあたってクォータニオン  $Q$  が特定される。

【 数 3 】

$$Q = (w, x, y, z)$$

$$w = \cos \frac{\theta}{2}$$

$$x = \frac{\omega_x}{|\vec{\omega}|} \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$y = \frac{\omega_y}{|\vec{\omega}|} \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$z = \frac{\omega_z}{|\vec{\omega}|} \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

ここで、角速度の大きさは次式で算出され、

【 数 4 】

$$|\vec{\omega}| = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2}$$

ただし、計測した角速度 [ rad / s ] は次式で表され、

【数5】

$$\vec{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$$

単位時間 t 当たりの変化角度 [rad] は次式で算出される。

【数6】

$$\theta = |\vec{\omega}|$$

【0046】

演算処理回路14は静止判定部43およびインパクト判定部44を備える。静止判定部43およびインパクト判定部44は例えば慣性センサー12に接続される。静止判定部43は慣性センサー12の出力に基づきゴルフクラブ13の静止状態を特定する。慣性センサー12の出力が閾値を下回ると、静止判定部43はゴルフクラブ13の静止状態を判断する。閾値には、体動といった微小振動を示す検出信号の影響を排除することができる値が設定されればよい。静止判定部43は、所定期間にわたって静止状態を確認すると、静止通知信号を出力する。閾値は例えば予め記憶装置16に記憶されればよい。記憶装置16には入力装置21の操作を通じて閾値が取り込まれればよい。

10

【0047】

インパクト判定部44は慣性センサー12の出力に基づきインパクトの瞬間を特定する。インパクトの瞬間にゴルフクラブ13には素振り時とは相違して加速度や角速度が作用する。したがって、インパクトの瞬間に慣性センサー12の出力は乱れる。例えば特定の方向に大きな加速度が観察される。こういった加速度の閾値に基づきインパクトの瞬間は特定される。インパクト判定部44は、インパクトを検出すると、インパクト通知信号を出力する。閾値は例えば予め記憶装置16に記憶されればよい。記憶装置16には入力装置21の操作を通じて閾値が取り込まれればよい。

20

【0048】

演算処理回路14は座標変換部45を備える。座標変換部45は位置検出部41、姿勢検出部42、静止判定部43およびインパクト判定部44に接続される。座標変換部45には位置検出部41、姿勢検出部42、静止判定部43およびインパクト判定部44から出力が供給される。座標変換部45は、実空間を特定する絶対基準座標系  $x_y_z$  でクラブヘッド13cのフェース面31の姿勢および位置を特定する。姿勢および位置の特定にあたって座標変換部45は局所座標系  $s$  に従ってフェース面31上の第1計測点32および第2計測点33を特定する。第1計測点32および第2計測点33の座標値は例えば記憶装置16に予め記憶されればよい。記憶装置16には入力装置21の操作を通じて座標値が取り込まれればよい。座標変換部45は、局所座標系  $s$  の座標値に座標変換を施し、絶対基準座標系  $x_y_z$  に従って第1計測点32および第2計測点33を特定する。座標変換にあたって座標変換部45はサンプリング点ごとに回転行列  $R_s$  を特定する。計測開始からの慣性センサー12の姿勢変化は計測開始から算出時までの回転行列  $R_s$  の積算値に相当する。座標変換部45は、個々のサンプリングの時刻ごとに座標変換後の第1計測点32の座標値および第2計測点33の座標値を一時保存メモリ46に保存することができる。

30

40

【0049】

演算処理回路14は静止時解析部47およびインパクト時解析部48を備える。静止時解析部47およびインパクト時解析部48は座標変換部45に接続される。静止時解析部47およびインパクト時解析部48には座標変換部45から出力が供給される。座標変換部45は、静止判定部43からの静止通知信号の受信に応じて、静止時解析部47に座標変換後の第1計測点32の座標値および第2計測点33の座標値を供給する。同様に、座標変換部45は、インパクト判定部44からのインパクト通知信号の受信に応じて、インパクト時解析部48に座標変換後の第1計測点32の座標値および第2計測点33の座標値を供給する。

【0050】

50

静止時解析部 4 7 は姿勢特定部 5 1 および位置特定部 5 2 を備える。姿勢特定部 5 1 は静止時（すなわちアドレス時）に絶対基準座標系  $x y z$  でフェース面 3 1 の姿勢を特定する。姿勢の特定にあたって、例えば図 5 に示されるように、姿勢特定部 5 1 は静止時の第 1 計測点 3 2 =  $r_h(0)$  および第 2 計測点 3 3 =  $r_t(0)$  を第 1 線分 L 1 で相互に結ぶ。第 1 線分 L 1 でフェース面 3 1 の姿勢は特定される。このとき、第 1 線分 L 1 は絶対基準座標系  $x y z$  内で y 軸に直交する水平面（地面 G に平行に広がる面）に投影される。

【 0 0 5 1 】

位置特定部 5 2 は静止時に絶対基準座標系  $x y z$  内でフェース面 3 1 に直交する第 2 線分 L 2 を特定する。第 2 線分 L 2 は第 1 計測点 3 2 =  $r_h(0)$  でフェース面 3 1 に垂直に交差する。第 2 線分 L 2 の特定にあたって位置特定部 5 2 は第 1 線分 L 1 を特定する。位置特定部 5 2 は、第 1 計測点 3 2 で第 1 線分 L 1 の垂直方向に第 2 線分 L 2 を設定する。第 2 線分 L 2 はいわゆるターゲットラインを表す。すなわち、第 2 線分 L 2 は打球の目標地点に連なる直進方向を示す。このとき、第 2 線分 L 2 は、第 1 線分 L 1 と同様に、絶対基準座標系  $x y z$  内で y 軸に直交する水平面に投影される。

10

【 0 0 5 2 】

インパクト時解析部 4 8 は姿勢特定部 5 3 および軌跡特定部 5 4 を備える。姿勢特定部 5 3 はインパクト時に絶対基準座標系  $x y z$  でフェース面 3 1 の姿勢を特定する。姿勢の特定にあたって、例えば図 5 に示されるように、姿勢特定部 5 3 はインパクト時の第 1 計測点 3 2 =  $r_h(\text{imp})$  および第 2 計測点 3 3 =  $r_t(\text{imp})$  を第 3 線分 L 3 で結ぶ。第 3 線分 L 3 でインパクト時のフェース面 3 1 の姿勢は特定される。このとき、前述と同様に、第 3 線分 L 3 は絶対基準座標系  $x y z$  内で y 軸に直交する水平面に投影される。

20

【 0 0 5 3 】

軌跡特定部 5 4 はインパクト時に絶対基準座標系  $x y z$  で第 1 計測点 3 2 の移動軌跡を特定する。移動軌跡の特定にあたって、軌跡特定部 5 4 は、インパクト時に第 1 計測点 3 2 の位置  $r_h(\text{imp})$  を示す絶対基準座標系  $x y z$  上の第 1 座標点 P 1 と、インパクトに先立つサンプリング点で第 1 計測点 3 2 の位置  $r_h(\text{imp} - 1)$  を示す絶対基準座標系  $x y z$  上の第 2 座標点 P 2 とを特定する。ここでは、第 2 座標点 P 2 にはインパクト時直前のサンプリング点が割り当てられる。第 1 座標点 P 1 と第 2 座標点 P 2 とは第 4 線分 L 4 で相互に結ばれる。第 4 線分 L 4 で移動軌跡の方向は特定される。このとき、前述と同様に、第 4 線分 L 4 は絶対基準座標系  $x y z$  内で y 軸に直交する水平面に投影される。

30

【 0 0 5 4 】

演算処理回路 1 4 は判定部 5 5 を備える。判定部 5 5 は、フェース面 3 1 の姿勢の情報およびゴルフクラブ 1 3 の移動軌跡の情報に基づき打球の弾道の種類を判定する。ここでは、判定部 5 5 はフェース角算出部 5 6 および入射角算出部 5 7 を含む。フェース角算出部 5 6 は静止時解析部 4 7 の姿勢特定部 5 1 およびインパクト時解析部 4 8 の姿勢特定部 5 3 に接続される。フェース角算出部 5 6 には姿勢特定部 5 1、5 3 から出力が供給される。フェース角算出部 5 6 は静止時のフェース面 3 1 に対して相対的にインパクト時のフェース面 3 1 の角度（フェース角）を算出する。角度の算出にあたって、姿勢特定部 5 1 で特定された第 1 線分 L 1 と、姿勢特定部 5 3 で特定された第 3 線分 L 3 との間で絶対基準座標系  $x y z$  の水平面内で角度が測定される。フェース角算出部 5 6 は第 1 角度情報データを出力する。第 1 角度情報データはフェース面 3 1 の角度を特定する。

40

【 0 0 5 5 】

入射角算出部 5 7 は静止時解析部 4 7 の位置特定部 5 2 およびインパクト時解析部 4 8 の軌跡特定部 5 4 に接続される。入射角算出部 5 7 には位置特定部 5 2 および軌跡特定部 5 4 から出力が供給される。入射角算出部 5 7 は、静止時にフェース面 3 1 の第 1 計測点 3 2 でフェース面 3 1 に直交する線分すなわち第 2 線分 L 2 に対して相対的に移動軌跡の角度を算出する。角度の算出にあたって、位置特定部 5 2 で特定された第 2 線分 L 2

50

と、軌跡特定部 54 で特定された第 4 線分 L4 との間で絶対基準座標系  $x y z$  の水平面内で角度が測定される。入射角算出部 57 は第 2 角度情報データを出力する。第 2 角度情報データは移動軌跡の角度  $\theta$  を特定する。

#### 【0056】

判定部 55 は画像データ生成部 58 を含む。画像データ生成部 58 はフェース角算出部 56 および入射角算出部 57 に接続される。画像データ生成部 58 には第 1 角度情報データおよび第 2 角度情報データが供給される。画像データ生成部 58 は、供給されたフェース面 31 の角度および移動軌跡の角度に基づき割り当てられた弾道の種類を視覚的に表示する画像を特定する画像データを生成する。画像データの生成にあたって画像データ生成部 58 は記憶装置 16 から背景画像データを取得する。背景画像データは直交座標の画像を特定する。直交座標では、例えば図 6 に示されるように、一方の座標軸 (x 軸) にフェース面 31 の角度  $\theta$  が割り当てられ、他方の座標軸 (y 軸) に移動軌跡の角度  $\phi$  が割り当てられる。直交座標は 3 行 3 列の 9 つの領域 S1 ~ S9 に分割される。個々の領域 S1 ~ S9 ごとに弾道の種類が割り当てられる。9 つの領域 S1 ~ S9 のうち中央の領域 S5 に直進方向の弾道「ストレート (Straight)」が割り当てられる。ここでは、右打ちのゴルファー用に、中央の領域 S5 からフェース面 31 の角度が維持されつつ移動軌跡の角度が正方向に増加すると弾道「プッシュ (Push)」(領域 S4) が割り当てられ、同様に中央の領域 S5 からフェース面 31 の角度が維持されつつ移動軌跡の角度が負方向に減少すると弾道「プル (Pull)」(領域 S6) が割り当てられる。こうして中央 3 列の領域 S4、S5、S6 に弾道の種類は割り当てられる。「プッシュ」「ストレート」「プル」の移動軌跡がそれぞれ維持されたままフェース面 31 の角度が正方向に増加すると、それぞれ「プッシュスライス (Push Slice)」「スライス (slice)」「フェード (fade)」が右 3 列の領域 S1、S2、S3 に割り当てられ、「プッシュ」「ストレート」「プル」の移動軌跡がそれぞれ維持されたままフェース面 31 の角度が負方向に増加すると、それぞれ「ドロウ (Draw)」「フック (Hook)」「プルフック (Pull Hook)」が左 3 列の領域 S7、S8、S9 に割り当てられる。図 7 に示されるように、右打ちのゴルファーであれば、打球の曲がり具合が外側に増大するにつれて「プッシュ」の弾道 61、「フェード」の弾道 62 および「スライス」の弾道 63 が特定され、打球の曲がり具合が内側に増大するにつれて「プル」の弾道 64、「ドロウ」の弾道 65 および「フック」の弾道 66 が規定される。

#### 【0057】

画像データ生成部 58 は直交座標の画像に計測値をプロットする。図 6 に示されるように、プロットの画像は 9 つの領域 S1 ~ S9 に重ねられる。フェース面 31 の角度  $\theta$  および移動軌跡の角度  $\phi$  が特定されるたびに、画像データ生成部 58 は、直交座標上にフェース面 31 の角度  $\theta$  および移動軌跡の角度  $\phi$  に応じてプロット 68a を表示する画像を形成する。このとき、過去のプロット 68b から視覚的に区別づけられて最新のプロット 68a は描画される。ここでは、最新のプロット 68a は視覚的に第 1 特徴で特徴づけられ、過去のプロット 68b は第 1 特徴から区別づけられる第 2 特徴で特徴づけられる。こういった特徴づけにあたって例えばプロットの形状や色が相違すればよい。ここでは、最新のプロット 68a は「クロス」マークで特徴づけられ、履歴に相当する過去のプロット 68b は四角いマークで特徴づけられる。最新のプロット 68a が第 1 特徴で描画されると、それまで第 1 特徴で描画されていたプロット 68b は第 2 特徴に描画され直される。こうして常に最新のプロット 68a は他のプロット 68b から区別づけられる。

#### 【0058】

ここでは、画像データ生成部 58 は、9 つの領域 S1 ~ S9 に重なって、ユーザーが目標とする弾道を特定する目標領域 69 を含む画像を形成する。こういった目標領域 69 は例えば入力装置 21 の操作を通じて記憶装置 16 に取り込まれることができる。こうしてユーザーは目標とする弾道を直交座標の画像上で示すことができる。

#### 【0059】

(4) ゴルフスイング解析装置の動作

10

20

30

40

50

ゴルフスイング解析装置 11 の動作を簡単に説明する。まず、ゴルファーのゴルフスイングは計測される。計測に先立って必要な情報が入力装置 21 から演算処理回路 14 に入力される。ここでは、三次元運動解析モデル 26 に従って、局所座標系  $s_j$  に従った支点 25 の位置  $l_{s_j}$ 、第 1 計測点 32 の位置および第 2 計測点 33 の位置、並びに、慣性センサー 12 の初期姿勢の回転行列  $R^0$ 、ゴルファーが目標とする弾道等の入力が入力される。入力された情報は例えば特定の識別子の下で管理される。識別子は特定のゴルファーを識別すればよい。

【 0060 】

計測に先立って慣性センサー 12 がゴルフクラブ 13 のシャフト 13a に取り付けられる。慣性センサー 12 はゴルフクラブ 13 に相対変位不能に固定される。ここでは、慣性センサー 12 の検出軸の 1 つはシャフト 13a の軸に合わせ込まれる。慣性センサー 12 の検出軸の 1 つはフェース面 31 の向きで特定される打球方向に合わせ込まれる。

【 0061 】

ゴルフスイングの実行に先立って慣性センサー 12 の計測は開始される。動作の開始時に慣性センサー 12 は所定の位置および姿勢に設定される。これらの位置および姿勢は初期姿勢の回転行列  $R^0$  で特定されるものに相当する。慣性センサー 12 は特定のサンプリング間隔で継続的に加速度および角速度を計測する。サンプリング間隔は計測の解像度を規定する。慣性センサー 12 の検出信号はリアルタイムで演算処理回路 14 に送り込まれる。演算処理回路 14 は慣性センサー 12 の出力を特定する信号を受信する。

【 0062 】

ゴルフスイングは、アドレスに始まって、バックスイングから振り下ろし、インパクトを経て、フォロースルー、そしてフィニッシュに至る。ゴルフクラブ 13 は振られる。振られると、ゴルフクラブ 13 の姿勢は時間軸に従って変化する。慣性センサー 12 はゴルフクラブ 13 の姿勢に応じて局所座標系  $s_j$  の 3 軸に沿って加速度を検出し局所座標系  $s_j$  の 3 軸回りで角速度を検出する。加速度および角速度を特定する検出信号は出力される。位置検出部 41 は絶対基準座標系  $x_{y_z}$  内で慣性センサー 12 の位置すなわち局所座標系  $s_j$  の原点の位置を算出する。姿勢検出部 42 は角速度からサンプリング点ごとに回転行列  $R_s$  を算出する。座標変換部 45 は、局所座標系  $s_j$  の第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 の座標値に回転行列  $R_s$  に基づき座標変換を施し、絶対基準座標系  $x_{y_z}$  の座標値で第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 を特定する。

【 0063 】

アドレス時にゴルフクラブ 13 が静止すると、静止判定部 43 はゴルフクラブ 13 の静止状態を検出する。静止判定部 43 は静止通知信号を出力する。座標変換部 45 は、静止通知信号の受信に応じて、絶対基準座標系  $x_{y_z}$  に従って第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 の座標値を特定する位置信号を静止時解析部 47 に向かって出力する。静止時解析部 47 は、第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 の座標値に基づき、第 1 線分 L1 でフェース面 31 の姿勢を特定する。同様に、静止時解析部 47 は、第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 の座標値に基づき第 2 線分 L2 すなわちターゲットラインを特定する。

【 0064 】

スイング動作中にインパクト判定部 44 はインパクトを検出する。インパクト判定部 44 はインパクト通知信号を出力する。座標変換部 45 は、インパクト通知信号の受信に応じて、絶対基準座標系  $x_{y_z}$  に従ってインパクト時の第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 の座標値を特定する位置信号と、絶対基準座標系  $x_{y_z}$  に従ってインパクト時直前のサンプリングで特定される第 1 計測点 32 の座標値を特定する位置信号とをインパクト時解析部 48 に向けて出力する。インパクト時解析部 48 は、第 1 計測点 32 および第 2 計測点 33 の座標値に基づき、第 3 線分 L3 でフェース面 31 の姿勢を特定する。同様に、インパクト時解析部 48 は、第 1 座標点 P1 および第 2 座標点 P2 に基づき第 4 線分 L4 を特定する。

【 0065 】

フェース角算出部 56 は第 1 線分 L1 と第 3 線分 L3 との間で角度を算出する。算出し

10

20

30

40

50

た角度は画像データ生成部 58 に送り込まれる。入射角算出部 57 は第 2 線分 L2 と第 4 線分 L4 との間で角度を算出する。算出した角度は画像データ生成部 58 に送り込まれる。画像データ生成部 58 は直交座標の画像を特定する画像データを生成する。その結果、図 6 に示されるように、プロット 68a、68b ごとに弾道の種類が特定される。

【0066】

打球の弾道はインパクト時のフェース面 31 の姿勢および移動軌跡で推定される。フェース面 31 の姿勢および移動軌跡の組み合わせに応じて弾道の種類が決定される。弾道の種類が視覚的に提示されると、ゴルファーは弾道の種類ごとに弾道のイメージを湧かせることができる。単純な数値的な提示に比べて、ゴルファーには効果的に弾道のイメージが伝えられる。こうしたイメージに基づきゴルファーは効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

10

【0067】

このゴルフスイング解析装置 11 ではインパクト時にフェース面 31 の姿勢および移動軌跡が特定される。特定にあたって慣性センサー 12 の出力は回転行列  $R_s$  に基づき慣性センサー 12 に固有の局所座標系  $s$  から絶対基準座標系  $x_y_z$  に座標変換される。このとき、絶対基準座標系  $x_y_z$  は静止時のフェース面 31 で特定される。一般に、スイング動作の際に、予めゴルファーはインパクトの位置で、ゴルフクラブ 13 のフェース面 31 を確認する姿勢で静止する。フェース面 31 の姿勢に応じてターゲットラインは設定される。こうした静止時のフェース面 31 を基準にインパクト時のフェース面 31 の姿勢および移動軌跡は特定されることから、ゴルファーの身体の向きに影響されずに、スイング動作から弾道の種類は特定される。こうして身体の向きに影響されずにスイング動作の解析が実施されるので、ゴルファーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

20

【0068】

特に、弾道の分別にあたって、静止時のフェース面 31 に対して相対的にインパクト時のフェース面 31 の角度は算出される。こうした角度の算出によれば、角度の正負や大小に応じて打球の弾道はきめ細かく分類される。また、静止時のフェース面 31 で決定されるターゲットラインに対して相対的に移動軌跡の角度は算出されることから、同様に、角度の正負や大小に応じて打球の弾道はきめ細かく分類される。その結果、ゴルファーはより効率的にスイングのフォームに改良を加えることができる。

30

【0069】

第 1 計測点 32 の移動軌跡の特定にあたって、インパクト時にフェース面 31 の位置を示す絶対基準座標系  $x_y_z$  上の第 1 座標点 P1 と、インパクトに先立つサンプリング点で第 1 計測点 32 の位置を示す絶対基準座標系  $x_y_z$  上の第 2 座標点 P2 とが特定される。ターゲットラインと移動軌跡との角度の算出にあたって第 1 座標点 P1 および第 2 座標点 P2 は特定される。第 1 座標点 P1 および第 2 座標点 P2 を含む第 4 線分 L4 で移動方向のベクトルが特定される。こうして移動軌跡の角度は確実に算出される。

【0070】

前述のように、フェース面 31 の角度および移動軌跡の角度の算出にあたって、第 1 線分 L1、第 2 線分 L2、第 3 線分 L3 および第 4 線分 L4 は絶対基準座標系  $x_y_z$  内で水平面に投影される。こうして水平面に直交する z 軸は算出処理で省略される。算出処理は簡素化される。

40

【0071】

画像データで特定される直交座標では、一方の座標軸でフェース面 31 の角度が示され、他方の座標軸で移動軌跡の角度が示される。その上、直交座標は 3 行 3 列の 9 つの領域 S1 ~ S9 に分割され、それぞれの領域 S1 ~ S9 に弾道の種類が個別に割り当てられる。その際に、9 つの領域 S1 ~ S9 のうち中央の領域 S5 に直進方向の弾道は割り当てられる。スイング動作が実施されると、フェース面 31 の角度および移動軌跡の角度に応じて当該スイング動作の弾道が決定される。弾道は直交座標上でプロットされる。したがって、ゴルファーはフェース面 31 の角度や移動軌跡の角度に応じて簡単に弾道の種類を認

50

識することができる。単純な数値的な提示に比べて、ゴルファーには効果的に弾道のイメージが伝えられる。

【0072】

画像データで特定される直交座標では、さらに、9つの領域S1～S9に重なって、ゴルファーが目標とする弾道を特定する目標領域69が含まれる。ゴルファーはスイング動作の計測に先立って目標とする弾道を設定することができる。スイング動作が実施されると、ゴルファーは、スイング動作で特定される弾道と、目標とする弾道との一致やずれを画像で簡単に観察することができる。こうしてゴルファーは、試行錯誤を通じてスイングのフォームに改良を加えることができる。

【0073】

さらにまた、画像データで特定される直交座標では、最新のスイング動作に基づきフェース面31の角度および移動軌跡の角度に応じてプロット68a、68bを表示する際に、過去のプロット68bから視覚的に区別つけて最新のプロット68aを表示する。画像には過去のプロット68bが残存する。したがって、ゴルファーはフェース面31の角度および移動軌跡の角度の履歴を視覚的に確認することができる。履歴の確認にあたって、最新の弾道のプロット68aは過去の弾道のプロット68bから視覚的に区別づけられる。複数のプロット68a、68bが残存しても、ゴルファーは最新のスイング動作で形成されたプロット68aを簡単に抽出することができる。

【0074】

例えば左打ちのゴルファーの弾道は右打ちのゴルファーの弾道に対して外側および内側を相互に入れ替えたものに相当する。したがって、直交座標の領域S1～S9には左打ちのゴルファーに合わせた表示の割り付けが望まれる。左打ちのゴルファー用には、中央3列の領域S4、S5、S6に「プル」「ストレート」「プッシュ」の弾道が割り当てられる。「プル」「ストレート」「プッシュ」の移動軌跡がそれぞれ維持されたままフェース面31の角度が正方向に増加すると、それぞれ「プルフック」「フック」「ドロー」が右3列の領域S1、S2、S3に割り当てられ、「プル」「ストレート」「プッシュ」の移動軌跡がそれぞれ維持されたままフェース面31の角度が負方向に増加すると、それぞれ「フェード」「スライス」「プッシュスライス」が左3列の領域S7、S8、S9に割り当てられる。

【0075】

その他、打球の弾道は簡易的に分類されてもよい。例えばフェース面31の角度に基づき弾道は「フック」「ストレート」「スライス」に分類されてもよい。この場合には、直交座標は1座標軸に沿って3分割されればよい。あるいは、移動奇跡の角度に基づき弾道は「プッシュ」「ストレート」「プル」に分類されてもよい。この場合には、直交座標は1座標軸に沿って3分割されればよい。

【0076】

また、打球の弾道の通知は前述のような画面表示に限定されず、弾道の種類の通知にあたって例えば音や振動が用いられてもよい。個々の弾道ごとに、相違する種類の音や相違する種類の震度パターンが割り当てられればよい。音による通知にあたって、ゴルフスイング解析装置11は、例えばゴルフクラブ13またはユーザーに装着されるスピーカーを備えればよい。振動による通知にあたって、ゴルフスイング解析装置11は、例えばゴルフクラブ13のグリップ13bやユーザーに装着されるバイブレーターを備えればよい。

【0077】

なお、以上の実施形態では演算処理回路14の個々の機能ブロックはゴルフスイング解析ソフトウェアプログラム17の実行に応じて実現される。ただし、個々の機能ブロックはソフトウェア処理に頼らずにハードウェアで実現されてもよい。その他、ゴルフスイング解析装置11は手で握られて振られる運動具（例えばテニスラケットや卓球ラケット、野球のバット）のスイング解析に応用されてもよい。

【0078】

上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から

10

20

30

40

50

実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。したがって、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれる。例えば、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語とともに記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えられることができる。また、慣性センサー 12 やゴルフクラブ 13、演算処理回路 14、三次元運動解析モデル 26 等の構成および動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形が可能である。

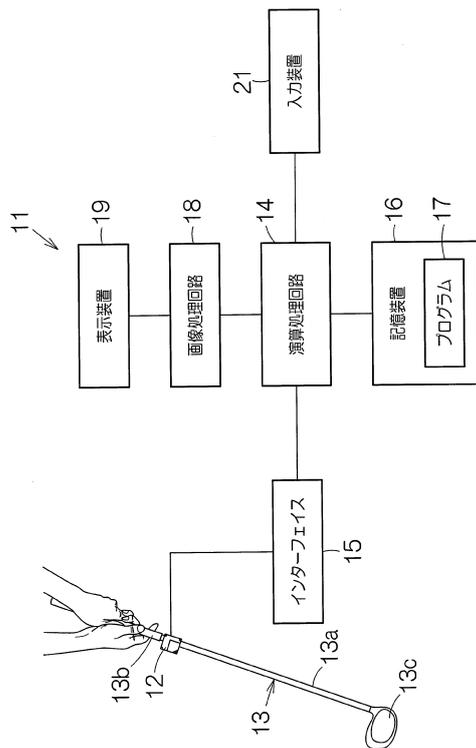
【符号の説明】

【0079】

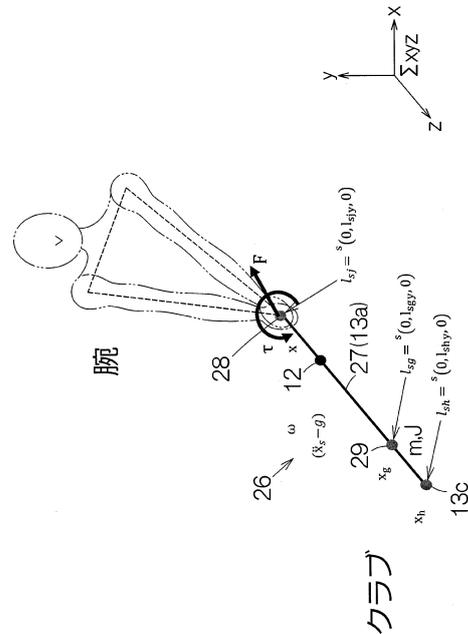
11 運動解析装置（ゴルフスイング解析装置）、12 慣性センサー、13 運動具（ゴルフクラブ）、14 コンピューター（演算処理回路）、17 運動解析プログラム（ゴルフスイング解析ソフトウェアプログラム）、31 打球面（フェース面）、48 インパクト時解析部、55 判定部、68a 最新のプロット、68b 過去のプロット、L2 線分（第2線分）、P1 第1座標点、P2 第2座標点、S1～S9 領域、打球面の角度、移動軌跡の角度。

10

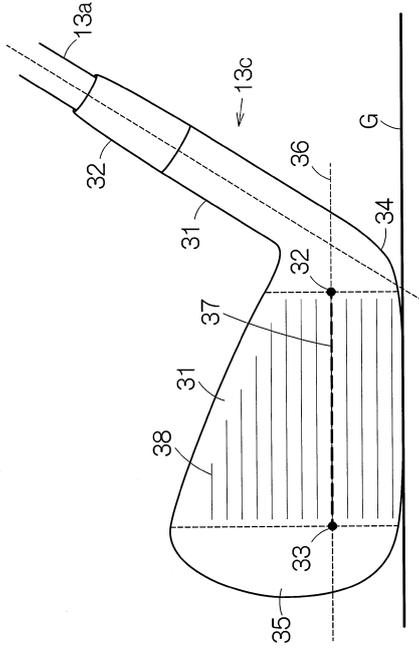
【図1】



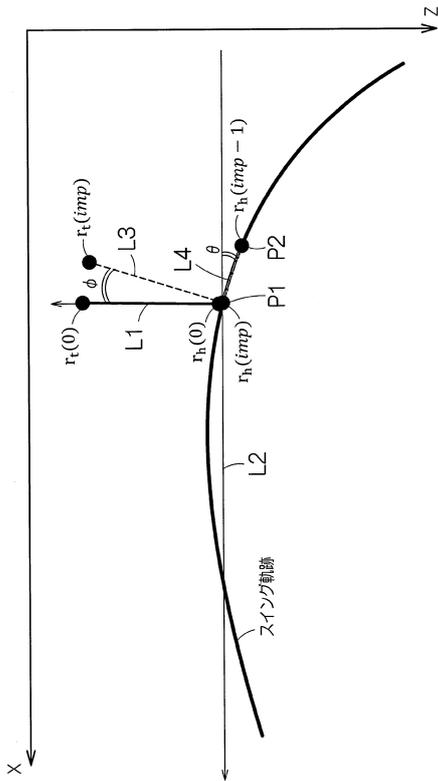
【図2】



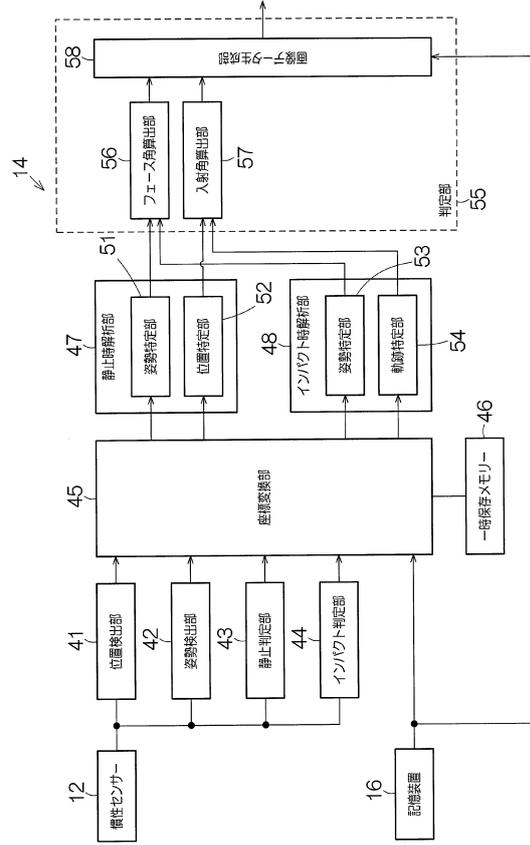
【図3】



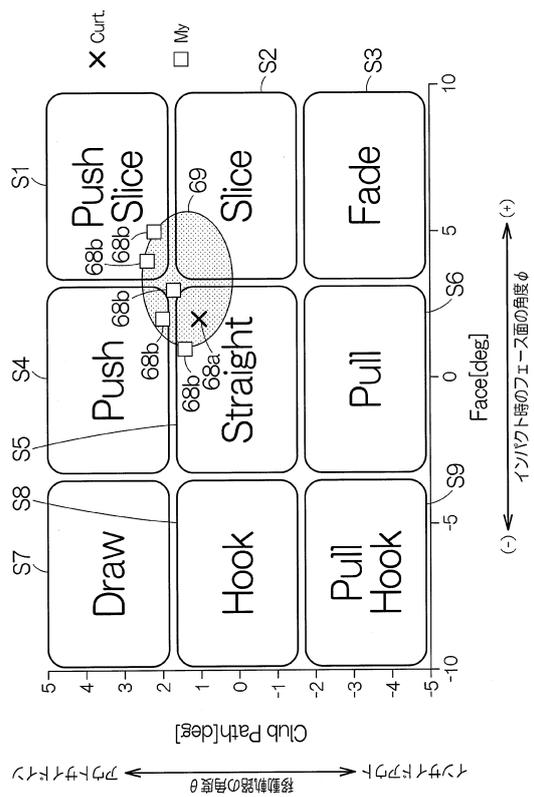
【図5】



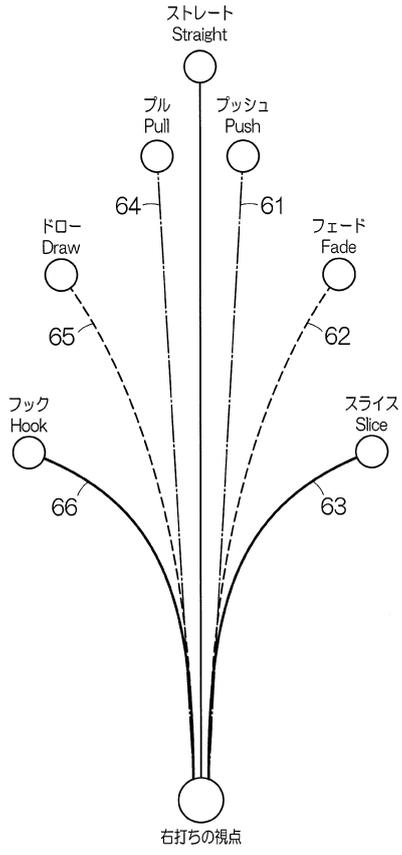
【図4】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 野村 和生  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 小平 健也  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 谷垣 圭二

- (56)参考文献 特開2014-100341(JP,A)  
特開2011-110164(JP,A)  
国際公開第2013/062873(WO,A1)  
米国特許出願公開第2007/0238538(US,A1)  
特開2002-248192(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A63B 69/36