

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-116572
(P2016-116572A)

(43) 公開日 平成28年6月30日 (2016.6.30)

(51) Int.Cl.
A63B 69/36 (2006.01)

F I
A63B 69/36 541P

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2014-256611 (P2014-256611)
(22) 出願日 平成26年12月18日 (2014.12.18)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人 110000198
特許業務法人湘洋内外特許事務所
(72) 発明者 鶴川 政樹
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

(54) 【発明の名称】 運動解析装置、運動解析方法、プログラム、及び運動解析システム

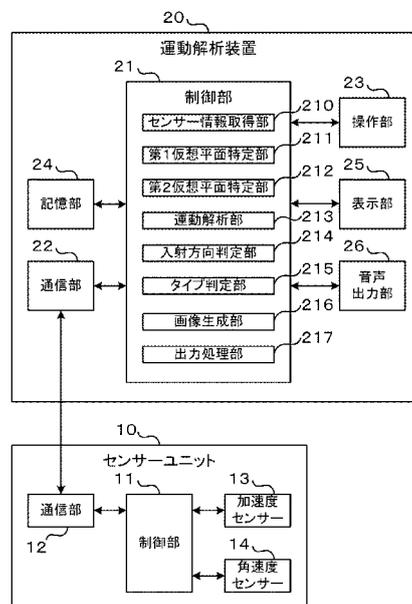
(57) 【要約】

【課題】 スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

【解決手段】 第1仮想平面特定部は、慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する。第2仮想平面特定部は、打球方向を回転軸として、第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する。運動解析部は、慣性センサーの出力に基づいて、ユーザーのスイングの軌跡を算出する。入射方向判定部は、ダウンスイングにおける、第1軸と第2軸とに基づいて特定される領域への軌跡の入射方向を判定する。

【選択図】 図3

運動解析システム1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第 1 軸を特定する第 1 特定部と、

打球方向を回転軸として、前記第 1 軸に対して所定角度をなす第 2 軸を特定する第 2 特定部と、

前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する解析部と、

ダウンスイングにおける、前記第 1 軸と前記第 2 軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する入射方向判定部と、

を有することを特徴とする運動解析装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の運動解析装置であって、

前記軌跡の入射方向に基づいて、前記ユーザーのスイングタイプを判定するタイプ判定部、

をさらに有することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の運動解析装置であって、

前記第 1 特定部は、前記第 1 軸と前記打球方向とを含む第 1 仮想平面を特定し、

前記第 2 特定部は、前記第 2 軸と前記打球方向とを含む第 2 仮想平面を特定し、

前記タイプ判定部は、

前記軌跡が前記第 1 仮想平面から入射された場合、前記ユーザーのスイングタイプはスライスタイプと判定し、

前記軌跡が前記第 2 仮想平面から入射された場合、前記ユーザーのスイングタイプはフックタイプと判定し、

前記軌跡が前記第 1 仮想平面及び第 2 仮想平面のどちらからも入射されない場合、前記ユーザーのスイングタイプはストレートタイプと判定する、

ことを特徴とする運動解析装置。

20

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の運動解析装置であって、

前記スイングの軌跡は複数取得され、

前記タイプ判定部は、複数の前記スイングによる前記軌跡の入射方向に基づいて、前記ユーザーのスイングタイプを判定する、

ことを特徴とする運動解析装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の運動解析装置であって、

前記ダウンスイングのうち、ハーフウェイダウンからインパクトまでの区間の入射方向を判定する、

ことを特徴とする運動解析装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の運動解析装置であって、

インパクト後における、前記領域からの前記軌跡の出射方向を判定する出射方向判定部、

をさらに有することを特徴とする運動解析方法。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載の運動解析装置であって、

前記軌跡の入射方向及び前記軌跡の出射方向に基づいて、前記ユーザーのスイングタイプを判定するタイプ判定部、

をさらに有することを特徴とする運動解析装置。

【請求項 8】

50

運動解析装置の運動解析方法において、
 慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する工程と、
 打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する工程と、
 、
 前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する工程と、
 、
 ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する工程と、
 を含むことを特徴とする運動解析方法。

10

【請求項9】

慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する工程と、
 打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する工程と、
 、
 前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する工程と、
 、
 ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する工程と、
 をコンピューターに実行させることを特徴とするプログラム。

20

【請求項10】

慣性センサーと、
 前記慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する第1特定部と、
 打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する第2特定部と、
 前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する解析部と、
 、
 ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する入射方向判定部と、
 を有することを特徴とする運動解析システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運動解析装置、運動解析方法、プログラム、及び運動解析システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、アドレス状態からスイング終了までの間、打球方向の後方から撮影して画像を取得し、アドレス状態でのゴルフクラブのシャフト軸を通る第1の直線と、第1の直線と交わりかつ設置されるティーの根元とゴルファーの首の付け根を通る第2の直線とにより、画像を少なくとも3つの領域に分解することが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-82430号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、スイングの良し悪しを図る指標としてVゾーンが知られている。一般的にス

50

イングの軌跡がVゾーンに含まれていれば、ストレート系のスイングタイプであると評価される。

【0005】

特許文献1では、打球方向の後方から、カメラを用いてアドレス時のゴルファーを撮影し、撮影した画像に対し、ユーザーが線を引くなどしてVゾーンを特定する。そして、特許文献1では、スイングするゴルファーをカメラで撮影し、ユーザーが線を引いたVゾーンに、ゴルファーのスイング軌跡が含まれるか否か目視で確認する。そのため、特許文献1では、スイングタイプの評価が困難であるという問題がある。

【0006】

そこで本発明は、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる技術を提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するための本発明の第一の態様は、慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する第1特定部と、打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する第2特定部と、前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する解析部と、ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する入射方向判定部と、を有することを特徴とする運動解析装置である。第一の態様によれば、運動解析装置は、ダウンスイングにおける、第1軸と第2軸とに基づいて特定される領域への、軌跡の入射方向を判定するので、ユーザーは、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

20

【0008】

前記軌跡の入射方向に基づいて、前記ユーザーのスイングタイプを判定するタイプ判定部、をさらに有することを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、軌跡の入射方向に基づいて、ユーザーのスイングタイプを評価することができ、ユーザーは、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

【0009】

前記第1特定部は、前記第1軸と前記打球方向とを含む第1仮想平面を特定し、前記第2特定部は、前記第2軸と前記打球方向とを含む第2仮想平面を特定し、前記タイプ判定部は、前記軌跡が前記第1仮想平面から入射された場合、前記ユーザーのスイングタイプはスライスタイプと判定し、前記軌跡が前記第2仮想平面から入射された場合、前記ユーザーのスイングタイプはフックタイプと判定し、前記軌跡が前記第1仮想平面及び第2仮想平面のどちらからも入射されない場合、前記ユーザーのスイングタイプはストレートタイプと判定する、ことを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、ユーザーのスイングタイプを、スライスタイプか、フックタイプか、ストレートタイプか、簡単に評価することができる。

30

【0010】

前記スイングの軌跡は複数取得され、前記タイプ判定部は、複数の前記スイングによる前記軌跡の入射方向に基づいて、前記ユーザーのスイングタイプを判定する、ことを特徴としてもよい。これにより、ユーザーは、自分のスイング傾向を認識することができる。

40

【0011】

前記ダウンスイングのうち、ハーフウェイダウンからインパクトまでの区間の入射方向を判定する、ことを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、より正確なスイングタイプを判定することができるようになる。

【0012】

インパクト後における、前記領域からの前記軌跡の出射方向を判定する出射方向判定部、をさらに有することを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、より詳細なスイングタイプを判定することができるようになる。

【0013】

前記軌跡の入射方向及び前記軌跡の出射方向に基づいて、前記ユーザーのスイングタイ

50

ブを判定するタイプ判定部、をさらに有することを特徴とするものであってもよい。これにより、運動解析装置は、より詳細なスイングタイプを判定することができる。

【0014】

上記の課題を解決するための本発明の第二の態様は、運動解析装置の運動解析方法において、慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する工程と、打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する工程と、前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する工程と、ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する工程と、を含むことを特徴とする運動解析方法である。第二の態様によれば、運動解析装置は、ダウンスイングにおける、第1軸と第2軸とに基づいて特定される領域への、軌跡の入射方向を判定するので、ユーザーは、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

10

【0015】

上記の課題を解決するための本発明の第三の態様は、慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する工程と、打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する工程と、前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する工程と、ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する工程と、をコンピューターに実行させることを特徴とするプログラムである。第三の態様によれば、コンピューターは、ダウンスイングにおける、第1軸と第2軸とに基づいて特定される領域への、軌跡の入射方向を判定するので、ユーザーは、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

20

【0016】

上記の課題を解決するための本発明の第四の態様は、慣性センサーと、前記慣性センサーの出力を用いて、ユーザーのアドレス姿勢における運動器具のシャフト部の長軸方向に沿った第1軸を特定する第1特定部と、打球方向を回転軸として、前記第1軸に対して所定角度をなす第2軸を特定する第2特定部と、前記慣性センサーの出力に基づいて、前記ユーザーのスイングの軌跡を算出する解析部と、ダウンスイングにおける、前記第1軸と前記第2軸とに基づいて特定される領域への前記軌跡の入射方向を判定する入射方向判定部と、を有することを特徴とする運動解析システムである。第四の態様によれば、運動解析システムは、ダウンスイングにおける、第1軸と第2軸とに基づいて特定される領域への、軌跡の入射方向を判定するので、ユーザーは、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係る運動解析システムの概要を示す図である。

【図2】シャフトプレーン及びホーガンプレーンの一例を説明する図である。

【図3】運動解析システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図4】運動解析処理の一例を示すフローチャートである。

【図5】ユーザーの静止時におけるゴルフクラブとセンサーユニットをX軸の負側から見た平面図である。

40

【図6】シャフトプレーンをYZ平面で切った断面図をX軸の負側から見た図である。

【図7】ホーガンプレーンをYZ平面で切った断面図をX軸の負側から見た図である。

【図8】センサーユニットから出力される角速度の一例を示す図である。

【図9】角速度のノルムの一例を示す図である。

【図10】角速度のノルムの微分値の一例を示す図である。

【図11】シャフトプレーン及びホーガンプレーンをX軸の負側から見た図（YZ平面に投影した図）である。

【図12】表示部に表示される画面の一例を示した図である。

【図13】入射方向判定部及びタイプ判定部の動作の一例を示したフローチャートである

50

。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。以下では、ゴルフスイングの解析を行う運動解析システムを例に挙げて説明する。

【0019】

図1は、本発明の一実施形態に係る運動解析システムの概要を示す図である。

【0020】

運動解析システム1は、センサーユニット10と、運動解析装置20とを備える。

【0021】

センサーユニット10は、慣性センサーとして、3軸の各軸方向に生じる加速度と3軸の各軸回りに生じる角速度を計測可能であり、ゴルフクラブ3に装着される。センサーユニット10は、例えば、3つの検出軸(x軸, y軸, z軸)のうちの1軸、例えばy軸をシャフトの長軸方向に合わせて、ゴルフクラブ3のシャフトの一部に取り付けられる。望ましくは、センサーユニット10は、ショット時の衝撃が伝わりにくく、スイング時に遠心力がかからないグリップ部に近い位置に取り付けられる。シャフトは、ゴルフクラブ3のヘッドを除いた柄の部分であり、グリップ部も含まれる。

【0022】

ユーザー2は、予め決められた手順に従って、ゴルフボール(図示せず)を打つスイング動作を行う。例えば、ユーザー2は、まず、ゴルフクラブ3を握って、ゴルフクラブ3のシャフトの長軸がターゲットライン(例えば、打球の目標方向)に対して垂直となるようにアドレスの姿勢をとり、所定時間以上(例えば、1秒以上)静止する。次に、ユーザー2は、スイング動作を行い、ゴルフボールを打って飛ばす。なお、本明細書におけるアドレス姿勢とは、スイング開始する前のユーザーの静止状態の姿勢、またはスイング開始する前にユーザーが運動器具を揺動(ワググル)させている状態の姿勢を含む。また、ターゲットラインとは、任意の打球方向を指し、本実施例では一例として打球の目標方向と定めている。

【0023】

ユーザー2が上述の手順に従ってゴルフボールを打つ動作を行う間、センサーユニット10は、所定周期(例えば1ms)で3軸加速度と3軸角速度を計測し、計測したデータを順次、運動解析装置20に送信する。センサーユニット10は、計測したデータをすぐに送信してもよいし、計測したデータを内部メモリーに記憶しておき、ユーザー2のスイング動作の終了後などの所望のタイミングで計測データを送信するようにしてもよい。センサーユニット10と運動解析装置20との間の通信は、無線通信でもよいし、有線通信でもよい。あるいは、センサーユニット10は、計測したデータをメモリーカード等の着脱可能な記録媒体に記憶しておき、運動解析装置20は、当該記録媒体から計測データを読み出すようにしてもよい。

【0024】

運動解析装置20は、センサーユニット10が計測したデータを用いて、ユーザー2のゴルフクラブ3を用いたスイング運動を解析する。特に、本実施形態では、運動解析装置20は、センサーユニット10が計測したデータを用いて、ユーザー2の静止時(アドレス時)におけるシャフトプレーン(本発明の第1仮想平面あるいは第1軸に相当する)とホーガンプレーン(本発明の第2仮想平面あるいは第2軸に相当する)を特定する。

【0025】

運動解析装置20は、ユーザー2がスイング動作を開始した後、スイングにおけるゴルフクラブ3の軌跡(例えば、ヘッドの軌跡)を計算する。また、運動解析装置20は、ダウンスイングにおけるゴルフクラブ3の軌跡の、シャフトプレーンとホーガンプレーンとの間のVゾーンと呼ばれる領域への入射方向を判定し、判定した入射方向に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定する。運動解析装置20は、ユーザー2のスイングにおけるゴルフクラブ3の軌跡、シャフトプレーン、ホーガンプレーン、及びユーザー2のス

10

20

30

40

50

イングタイプの情報を含む画像データを生成し、当該画像データに応じた画像を表示部に表示させる。

【0026】

なお、運動解析装置20は、例えば、スマートフォンなどの携帯機器やパーソナルコンピュータ（PC：Personal Computer）であってもよい。また、図1では、運動解析装置20はユーザー2の腰に装着されているが、装着位置は特に限定されず、また運動解析装置20はユーザー2に装着されていなくてもよい。

【0027】

図2は、シャフトプレーン及びホーガンプレーンの一例を説明する図である。本実施形態では、打球の目標方向を示すターゲットラインをX軸、X軸に垂直な水平面上の軸をY軸、鉛直上方向（重力加速度の方向と逆方向）をZ軸とするXYZ座標系（グローバル座標系）を定義し、図2にはX軸、Y軸、Z軸が表記されている。

10

【0028】

ここで、ユーザー2のアドレス時のシャフトプレーン30は、ゴルフクラブ3のシャフトの長軸方向に沿った第1軸としての第1線分51と、打球の目標方向を表す第3軸としての第3線分52と、を含み、T1、T2、S1、S2を4つの頂点とする仮想平面である。本実施形態では、ゴルフクラブ3のヘッド（打撃部）の位置61をXYZ座標系の原点O（0, 0, 0）とし、第1線分51は、ゴルフクラブ3のヘッドの位置61（原点O）とグリップエンドの位置62とを結ぶ線分である。また、第3線分52は、X軸上のT1、T2を両端として原点Oを中点とする長さTLの線分である。ユーザー2がアドレス時に上述したアドレス姿勢をとることでゴルフクラブ3のシャフトがターゲットライン（X軸）に対して垂直となるので、第3線分52は、ゴルフクラブ3のシャフトの長軸方向と直交する線分、すなわち第1線分51と直交する線分である。XYZ座標系における4つの頂点T1、T2、S1、S2の各座標を算出することによりシャフトプレーン30が特定される。T1、T2、S1、S2の各座標の算出方法については、後に詳述する。

20

【0029】

また、ホーガンプレーン40は、第3線分52と、第2軸としての第2線分53と、を含み、T1、T2、H1、H2を4つの頂点とする仮想平面である。本実施形態では、第2線分53は、ユーザー2の両肩を結ぶ線分上の所定位置63（例えば、首の付け根の位置や左右いずれかの肩の位置など）とゴルフクラブ3のヘッド（打撃部）の位置62（打撃位置の一例）とを結ぶ線分である。ただし、第2線分53は、所定位置63とアドレス時のボールの位置（打撃位置の一例）とを結ぶ線分であってもよい。XYZ座標系における4つの頂点T1、T2、H1、H2の各座標を算出することによりホーガンプレーン40が特定される。T1、T2、H1、H2の各座標の算出方法については、後に詳述する。

30

【0030】

図3は、運動解析システムの構成の一例を示すブロック図である。

【0031】

センサーユニット10は、制御部11、通信部12、加速度センサー13、及び角速度センサー14を有する。

40

【0032】

加速度センサー13は、互いに交差する（理想的には直交する）3軸方向の各々に生じる加速度を計測し、計測した3軸加速度の大きさ及び向きに応じたデジタル信号（加速度データ）を出力する。

【0033】

角速度センサー14は、互いに交差する（理想的には直交する）3軸の各々の軸回りに生じる角速度を計測し、計測した3軸角速度の大きさ及び向きに応じたデジタル信号（角速度データ）を出力する。

【0034】

制御部11は、センサーユニットを統合的に制御する。制御部11は、加速度センサー

50

13と角速度センサー14から、それぞれ加速度データと角速度データを受け取って時刻情報を付して記憶部(図示せず)に記憶する。また、制御部11は、記憶した計測データ(加速度データと角速度データ)に時刻情報を付して通信用のフォーマットに合わせたパケットデータを生成し、通信部12に出力する。

【0035】

加速度センサー13及び角速度センサー14は、それぞれ3軸が、センサーユニット10に対して定義される直交座標系(センサー座標系)の3軸(x軸、y軸、z軸)と一致するようにセンサーユニット10に取り付けられるのが理想的だが、実際には取り付け角の誤差が生じる。そこで、制御部11は、取り付け角誤差に応じてあらかじめ算出された補正パラメータを用いて、加速度データ及び角速度データをxyz座標系のデータに変換する処理を行う。

10

【0036】

さらに、制御部11は、加速度センサー13及び角速度センサー14の温度補正処理を行ってもよい。あるいは、加速度センサー13及び角速度センサー14に温度補正の機能が組み込まれていてもよい。

【0037】

なお、加速度センサー13と角速度センサー14は、アナログ信号を出力するものであってもよく、この場合は、制御部11が、加速度センサー13の出力信号と角速度センサー14の出力信号をそれぞれA/D(アナログ/デジタル)変換して計測データ(加速度データと角速度データ)を生成し、これらを用いて通信用のパケットデータを生成すればよい。

20

【0038】

通信部12は、制御部11から受け取ったパケットデータを運動解析装置20に送信する処理や、運動解析装置20から制御コマンドを受信して制御部11に送る処理等を行う。制御部11は、制御コマンドに応じた各種処理を行う。

【0039】

運動解析装置20は、制御部21、通信部22、操作部23、記憶部24、表示部25、及び音声出力部26を有する。

【0040】

通信部22は、センサーユニット10から送信されたパケットデータを受信し、制御部21に送る処理や、制御部21からの制御コマンドをセンサーユニット10に送信する処理等を行う。

30

【0041】

操作部23は、ユーザーからの操作データを取得し、制御部21に送る処理を行う。操作部23は、例えば、タッチパネル型ディスプレイ、ボタン、キー、マイクなどであってもよい。

【0042】

記憶部24は、例えば、ROM(Read Only Memory)やフラッシュROM、RAM(Random Access Memory)等の各種ICメモリーやハードディスクやメモリーカードなどの記録媒体等により構成される。

40

【0043】

記憶部24は、制御部21が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムや、アプリケーション機能を実現するための各種プログラムやデータ等を記憶している。特に、本実施形態では、記憶部24には、制御部21によって読み出され、運動解析処理を実行するための運動解析プログラムが記憶されている。運動解析プログラムは、あらかじめ不揮発性の記録媒体に記憶されていてもよいし、制御部21がネットワークを介してサーバーから運動解析プログラムを受信して記憶部24に記憶させてもよい。

【0044】

また、本実施形態では、記憶部24には、ユーザー2の身体情報、ゴルフクラブ3の仕様を表すクラブ仕様情報、及びセンサー装着位置情報が記憶される。例えば、ユーザー2

50

が操作部 2 3 を操作して身長、体重、性別などの身体情報を入力し、入力された身体情報が身体情報として記憶部 2 4 に記憶される。また、例えば、ユーザー 2 が操作部 2 3 を操作して使用するゴルフクラブ 3 の型番を入力（あるいは、型番リストから選択）し、記憶部 2 4 にあらかじめ記憶されている型番毎の仕様情報（例えば、シャフトの長さ、重心の位置、ライ角、フェース角、ロフト角等の情報など）のうち、入力された型番の仕様情報をクラブ仕様情報とする。また、例えば、ユーザー 2 が操作部 2 3 を操作してセンサーユニット 1 0 の装着位置とゴルフクラブ 3 のグリップエンドとの間の距離を入力し、入力された距離の情報がセンサー装着位置情報として記憶部 2 4 に記憶される。あるいは、センサーユニット 1 0 を決められた所定位置（例えば、グリップエンドから 2 0 c m の距離など）に装着するものとして、当該所定位置の情報がセンサー装着位置情報としてあらかじめ記憶されていてもよい。

10

【 0 0 4 5 】

また、記憶部 2 4 は、制御部 2 1 の作業領域として用いられ、操作部 2 3 から入力されたデータ、制御部 2 1 が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶する。さらに、記憶部 2 4 は、制御部 2 1 の処理により生成されたデータのうち、長期的な保存が必要なデータを記憶してもよい。

【 0 0 4 6 】

表示部 2 5 は、制御部 2 1 の処理結果を文字、グラフ、表、アニメーション、その他の画像として表示するものである。表示部 2 5 は、例えば、C R T (Cathode-Ray Tube) ディスプレイ、L C D (Liquid Crystal Display)、E P D (Electrophoretic Display)、有機発光ダイオード (OLED) を用いたディスプレイ、タッチパネル型ディスプレイ、H M D (ヘッドマウントディスプレイ) などであってもよい。なお、1 つのタッチパネル型ディスプレイで操作部 2 3 と表示部 2 5 の機能を実現するようにしてもよい。

20

【 0 0 4 7 】

音声出力部 2 6 は、制御部 2 1 の処理結果を音声やブザー音等の音として出力するものである。音声出力部 2 6 は、例えば、スピーカーやブザーなどであってもよい。

【 0 0 4 8 】

制御部 2 1 は、各種プログラムに従って、センサーユニット 1 0 に制御コマンドを送信する処理や、センサーユニット 1 0 から通信部 2 2 を介して受信したデータに対する各種の計算処理や、その他の各種の制御処理を行う。特に、本実施形態では、制御部 2 1 は、運動解析プログラムを実行することにより、センサー情報取得部 2 1 0、第 1 仮想平面特定部 2 1 1 (本発明の第 1 特定部に相当する)、第 2 仮想平面特定部 2 1 2 (本発明の第 2 特定部に相当する)、運動解析部 2 1 3 (本発明の解析部に相当する)、入射方向判定部 2 1 4、タイプ判定部 2 1 5、画像生成部 2 1 6、及び出力処理部 2 1 7 として機能する。なお、第 1 特定部と第 2 特定部は個別の演算手段で演算しても良いし、同じ演算手段で演算しても良い。

30

【 0 0 4 9 】

なお、制御部 2 1 は、例えば、演算装置である C P U (Central Processing Unit)、揮発性の記憶装置である R A M (Random Access Memory)、不揮発性の記憶装置である R O M、制御部 2 1 と他のユニットを接続するインターフェイス (I / F) 回路、これらを互いに接続するバス、などを備えるコンピューターにより実現してもよい。コンピューターは、画像処理回路など各種の専用処理回路を備えていてもよい。また、制御部 2 1 は、A S I C (Application Specific Integrated Circuit) などにより実現されてもよい。

40

【 0 0 5 0 】

センサー情報取得部 2 1 0 は、通信部 2 2 がセンサーユニット 1 0 から受信したパケットデータを受け取り、受け取ったパケットデータから時刻情報及び計測データを取得する。また、センサー情報取得部 2 1 0 は、取得した時刻情報と計測データを対応づけて記憶部 2 4 に記憶させる。

【 0 0 5 1 】

第 1 仮想平面特定部 2 1 1 は、センサーユニット 1 0 が出力する計測データを用いて、

50

ユーザーの静止時における、ゴルフクラブ3のシャフトの長軸方向に沿った第1線分51を特定する処理を行う。さらに、第1仮想平面特定部211は、第1線分51と、打球の目標方向を表す第3線分52と、を含むシャフトプレーン(第1仮想平面)30(図2参照)を特定する処理を行う。

【0052】

第1仮想平面特定部211は、センサーユニット10が出力する計測データを用いて、ゴルフクラブ3のグリップエンドの位置62の座標を計算し、グリップエンドの位置62の座標により第1線分51を特定してもよい。例えば、第1仮想平面特定部211は、ユーザー2の静止時(アドレス時)における加速度センサー13が計測した加速度データを用いてゴルフクラブ3のシャフトの傾斜角(水平面(XY平面)あるいは鉛直面(XZ平面)に対する傾き)を計算し、計算した傾斜角とクラブ仕様情報に含まれるシャフトの長さの情報とを用いて、第1線分51を特定してもよい。

10

【0053】

また、第1仮想平面特定部211は、第1線分51の長さと身体情報に基づくユーザー2の腕の長さを用いて、シャフトプレーン30の幅を計算してもよい。

【0054】

第2仮想平面特定部212は、打球の目標方向(第3線分52)を回転軸として、第1仮想平面特定部211が特定した第1線分51に対して所定角度をなす第2線分53を特定する処理を行う。さらに、第2仮想平面特定部212は、第2線分53と、第3線分52と、を含むホーガンプレーン(第2仮想平面)40(図2参照)を特定する処理を行う。

20

【0055】

例えば、第2仮想平面特定部212は、センサーユニット10が出力する計測データと身体情報とを用いて、ユーザー2の静止時におけるユーザー2の頭部と胸部の間(例えば、両肩を結ぶ線分上)の所定位置63を推定し、推定した所定位置63とゴルフクラブ3のヘッド(打撃部)の位置62とを結ぶ第2線分53を特定する処理を行う。さらに、第2仮想平面特定部212は、第2線分53と、第3線分52と、を含むホーガンプレーン(第2仮想平面)40(図2参照)を特定する処理を行う。

【0056】

第2仮想平面特定部212は、第1仮想平面特定部211が計算したグリップエンドの位置62の座標と、身体情報に基づくユーザー2の腕の長さを用いて、所定位置63を推定してもよい。あるいは、第2仮想平面特定部212が、センサーユニット10が出力する計測データを用いて、ゴルフクラブ3のグリップエンドの位置62の座標を計算してもよい。この場合は、第1仮想平面特定部211は、第2仮想平面特定部212が計算したグリップエンドの位置62の座標を用いて、シャフトプレーン30を特定してもよい。

30

【0057】

また、第2仮想平面特定部212は、第1線分51の長さと身体情報に基づくユーザー2の腕の長さを用いて、ホーガンプレーン40の幅を計算してもよい。

【0058】

運動解析部213は、センサーユニット10が出力する計測データを用いて、ユーザー2のスイング運動を解析する処理を行う。具体的には、運動解析部213は、まず、記憶部24に記憶された、ユーザー2の静止時(アドレス時)の計測データ(加速度データ及び角速度データ)を用いて、計測データに含まれるオフセット量を計算する。次に、運動解析部213は、記憶部24に記憶された、スイング開始後の計測データからオフセット量を減算してバイアス補正し、バイアス補正された計測データを用いて、ユーザー2のスイング動作中のセンサーユニット10の位置及び姿勢を計算する。

40

【0059】

例えば、運動解析部213は、加速度センサー13が計測した加速度データ、クラブ仕様情報及びセンサー装着位置情報を用いて、XYZ座標系(グローバル座標系)におけるユーザー2の静止時(アドレス時)のセンサーユニット10の位置(初期位置)を計算し

50

、その後の加速度データを積分してセンサーユニット10の初期位置からの位置の変化を時系列に計算する。ユーザー2は所定のアドレス姿勢で静止するので、センサーユニット10の初期位置のX座標は0である。さらに、センサーユニット10のy軸はゴルフクラブ3のシャフトの長軸方向と一致し、ユーザー2の静止時には、加速度センサー13は重力加速度のみを計測するので、運動解析部213は、y軸加速度データを用いてシャフトの傾斜角（水平面（XY平面）あるいは鉛直面（XZ平面）に対する傾き）を計算することができる。そして、運動解析部213は、シャフトの傾斜角、クラブ仕様情報（シャフトの長さ）及びセンサー装着位置情報（グリップエンドからの距離）を用いて、センサーユニット10の初期位置のY座標及びZ座標を計算し、センサーユニット10の初期位置を特定することができる。あるいは、運動解析部213は、第1仮想平面特定部211又は第2仮想平面特定部212が計算したゴルフクラブ3のグリップエンドの位置62の座標とセンサー装着位置情報（グリップエンドからの距離）を用いて、センサーユニット10の初期位置の座標を計算してもよい。

10

20

30

40

50

【0060】

また、運動解析部213は、加速度センサー13が計測した加速度データを用いて、XYZ座標系（グローバル座標系）におけるユーザー2の静止時（アドレス時）のセンサーユニット10の姿勢（初期姿勢）を計算し、その後の角速度センサー14が計測した角速度データを用いた回転演算を行ってセンサーユニット10の初期姿勢からの姿勢の変化を時系列に計算する。センサーユニット10の姿勢は、例えば、X軸、Y軸、Z軸回りの回転角（ロール角、ピッチ角、ヨー角）、オイラー角、クォータニオン（四元数）などで表現することができる。ユーザー2の静止時には、加速度センサー13は重力加速度のみを計測するので、運動解析部213は、3軸加速度データを用いて、センサーユニット10のx軸、y軸、z軸の各々と重力方向とのなす角度を特定することができる。さらに、ユーザー2は所定のアドレス姿勢で静止するので、ユーザー2の静止時において、センサーユニット10のy軸はYZ平面上にあるため、運動解析部213は、センサーユニット10の初期姿勢を特定することができる。

【0061】

なお、センサーユニット10の制御部11が、計測データのオフセット量を計算し、計測データのバイアス補正を行うようにしてもよいし、加速度センサー13及び角速度センサー14にバイアス補正の機能が組み込まれていてもよい。これらの場合は、運動解析部213による計測データのバイアス補正が不要となる。

【0062】

また、運動解析部213は、身体情報（ユーザー2の身長（腕の長さ））、クラブ仕様情報（シャフトの長さや重心の位置）、センサー装着位置情報（グリップエンドからの距離）、ゴルフクラブ3の特徴（剛体である等）、人体の特徴（関節の曲がる方向が決まっている等）などを考慮した運動解析モデル（二重振子モデル等）を定義し、この運動解析モデルとセンサーユニット10の位置及び姿勢の情報とを用いて、ユーザー2のスイングにおけるゴルフクラブ3の軌跡を計算する。

【0063】

また、運動解析部213は、記憶部24に記憶された時刻情報と計測データを用いて、ユーザー2のスイング動作の期間におけるボールを打ったタイミング（インパクトのタイミング）を検出する。例えば、運動解析部213は、センサーユニット10が出力する計測データ（加速度データ又は角速度データ）の合成値を計算し、当該合成値に基づいてユーザー2がボールを打ったタイミング（時刻）を特定する。

【0064】

さらに、運動解析部213は、運動解析モデルとセンサーユニット10の位置及び姿勢の情報とを用いて、バックスイングからフォロースルーまでのスイングのリズム、ヘッドスピード、打球時の入射角（クラブパス）やフェース角、シャフトローテーション（スイング中のフェース角の変化量）、ゴルフクラブ3の減速率などの情報、あるいは、ユーザー2が複数回のスイングを行った場合のこれら各情報のばらつきの情報等も生成する。

【0065】

入射方向判定部214は、運動解析部213によって計算されたゴルフクラブ3の軌跡の、ダウンスイングにおけるVゾーン（第1仮想平面特定部211で特定されたシャフトプレーン30と、第2仮想平面特定部212で特定されたホーガンプレーン40との間の領域）への入射方向を判定する。入射方向を判定するダウンスイングは、例えば、インパクト前である。インパクト前は、例えば、ゴルフクラブ3のーフウェイダウンからインパクトまでの区間である。入射方向判定部214は、例えば、この区間におけるゴルフクラブ3の軌跡の、Vゾーンへの入射方向を判定する。

【0066】

インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡の、Vゾーンへの入射方向には、シャフトプレーン30からVゾーンに入射する方向と、ホーガンプレーン40からVゾーンに入射する方向とがある。また、インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡の、Vゾーンへの入射方向には、シャフトプレーン30及びホーガンプレーン40のどちらからも入射しない方向がある。つまり、ゴルフクラブ3の軌跡が、ーフウェイダウン以前からVゾーンに入っており、そのままVゾーンから外れることなくインパクト位置まで通過する場合がある（言い換えれば、ーフウェイダウンからインパクトまで、常にゴルフクラブ3の軌跡がVゾーン内に入っている場合がある）。入射方向判定部214は、運動解析部213によって計算されたゴルフクラブ3の軌跡の、インパクト前における前記3つの入射方向を判定する。

10

【0067】

タイプ判定部215は、入射方向判定部214が判定した、ゴルフクラブ3の軌跡のVゾーンへの入射方向に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定する。

20

【0068】

ここで、ゴルフクラブ3のヘッドが、インパクト前において、シャフトプレーン30からVゾーンに入射した場合、一般的に打球はスライスすることが多い。また、ゴルフクラブ3のヘッドが、インパクト前において、ホーガンプレーン40からVゾーンに入射した場合、一般的に打球はフックすることが多い。また、ゴルフクラブ3のヘッドが、インパクト前において、Vゾーンに入っている場合、一般的に打球は直進することが多い。そこで、タイプ判定部215は、入射方向判定部214によって、ゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30からVゾーンに入射されたと判定された場合、ユーザーのスイングタイプはスライスタイプであると判定する。また、タイプ判定部215は、入射方向判定部214によって、ゴルフクラブ3の軌跡が、ホーガンプレーン40からVゾーンに入射されたと判定された場合、ユーザーのスイングタイプはフックタイプであると判定する。また、タイプ判定部215は、入射方向判定部214によって、ゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30及びホーガンプレーン40のどちらからも入射されていないと判定された場合（インパクト前において、ゴルフクラブ3の軌跡が常時Vゾーン内を通過していると判定された場合）、ユーザーのスイングタイプはストレートタイプであると判定する。

30

【0069】

画像生成部216は、表示部25に表示される運動解析結果の画像に対応する画像データを生成する処理を行う。特に、本実施形態では、画像生成部216は、第1仮想平面特定部211が特定したシャフトプレーン30と、第2仮想平面特定部212が特定したホーガンプレーン40と、運動解析部213が計算したユーザー2のスイング（特に、ダウンスイング）におけるゴルフクラブ3の軌跡と、を含む画像データを生成する。例えば、画像生成部216は、図2に示したT1, T2, S1, S2の各座標の情報をもとに、T1, T2, S1, S2を4つの頂点とするシャフトプレーン30のポリゴンデータを生成し、T1, T2, H1, H2の各座標の情報をもとに、T1, T2, H1, H2を4つの頂点とするホーガンプレーン40のポリゴンデータを生成する。また、画像生成部216は、ユーザー2のダウンスイング時のゴルフクラブ3の軌跡を表す曲線データを生成する。そして、画像生成部216は、シャフトプレーン30のポリゴンデータ、ホーガンプレ

40

50

ーン40のポリゴンデータ及びゴルフクラブ3の軌跡を表す曲線データを含む画像データを生成する。このとき、画像生成部216は、タイプ判定部215が判定したスイングタイプの情報を、画像データに含めてもよい。これにより、ユーザー2のスイングタイプが表示部25に表示され、ユーザー2は、自分のスイングタイプを簡単に評価することができる。

【0070】

なお、第1仮想平面特定部211、第2仮想平面特定部212、運動解析部213、入射方向判定部214、タイプ判定部215、及び画像生成部216は、算出した各種の情報等を記憶部24に記憶させる処理も行う。

【0071】

出力処理部217は、表示部25に対して各種の画像（画像生成部216が生成した画像データに対応する画像の他、文字や記号等も含む）を表示させる処理を行う。例えば、出力処理部217は、ユーザー2のスイング運動が終了した後、自動的に、あるいは、ユーザー2の入力操作に応じて画像生成部216が生成した画像データに対応する画像を表示部25に表示させる。あるいは、センサーユニット10に表示部を設けておいて、出力処理部217は、通信部22を介してセンサーユニット10に画像データを送信し、センサーユニット10の表示部に各種の画像を表示させてもよい。

【0072】

また、出力処理部217は、音声出力部26に対して各種の音（音声やブザー音等も含む）を出力させる処理を行う。例えば、出力処理部217は、ユーザー2のスイング運動が終了した後、自動的に、あるいは、所定の入力操作が行われたときに、記憶部24に記憶されている各種の情報を読み出して音声出力部26に運動解析用の音や音声を出力させてもよい。あるいは、センサーユニット10に音出力部を設けておいて、出力処理部217は、通信部22を介してセンサーユニット10に各種の音データや音声データを送信し、センサーユニット10の音出力部に各種の音や音声を出力させてもよい。

【0073】

なお、運動解析装置20あるいはセンサーユニット10に振動機構を設けておいて、当該振動機構により各種の情報を振動情報に変換してユーザー2に提示してもよい。

【0074】

図4は、運動解析処理の一例を示すフローチャートである。制御部21は、記憶部24に記憶されている運動解析プログラムを実行することにより、図4に示すフローチャートの手順で運動解析処理を実行する。

【0075】

まず、センサー情報取得部210は、センサーユニット10の計測データを取得する（ステップS10）。なお、制御部21は、ユーザー2のスイング運動（静止動作も含む）における最初の計測データを取得するとリアルタイムにステップS20以降の処理を行ってもよいし、センサーユニット10からユーザー2のスイング運動における一連の計測データの一部又は全部を取得した後に、ステップS20以降の処理を行ってもよい。

【0076】

次に、運動解析部213は、センサーユニット10から取得した計測データを用いてユーザー2の静止動作（アドレス動作）を検出する（ステップS20）。なお、制御部21は、リアルタイムに処理を行う場合は、静止動作（アドレス動作）を検出した場合に、例えば、所定の画像や音を出力し、あるいは、センサーユニット10にLEDを設けておいて当該LEDを点灯させる等して、ユーザー2に静止状態を検出したことを通知し、ユーザー2は、この通知を確認した後にスイングを開始してもよい。

【0077】

次に、第1仮想平面特定部211は、センサーユニット10から取得した計測データ（ユーザー2の静止動作（アドレス動作）における計測データ）とクラブ仕様情報とを用いて、シャフトプレーン30（第1仮想平面）を特定する（ステップS30）。

【0078】

10

20

30

40

50

次に、第2仮想平面特定部212は、センサーユニット10から取得した計測データ（ユーザー2の静止動作（アドレス動作）における計測データ）と身体情報とを用いて、ホーガンプレーン40（第2仮想平面）を特定する（ステップS40）。

【0079】

次に、運動解析部213は、センサーユニット10から取得した計測データ（ユーザー2の静止動作（アドレス動作）における計測データ）を用いて、センサーユニット10の初期位置と初期姿勢を計算する（ステップS50）。

【0080】

次に、運動解析部213は、センサーユニット10から取得した計測データを用いて、スイングの開始から終了までの一連の動作（リズム）を検出する（ステップS60）。

10

【0081】

また、運動解析部213は、ステップS60の処理と並行して、ユーザー2のスイング動作中のセンサーユニット10の位置と姿勢を計算する（ステップS70）。

【0082】

次に、運動解析部213は、ステップS60で検出したリズムと、ステップS70で計算したセンサーユニット10の位置及び姿勢とを用いて、ユーザー2のスイング動作中のゴルフクラブ3の軌跡を計算する（ステップS80）。

【0083】

次に、入射方向判定部214は、インパクト前における、Vゾーン（ステップS30で特定されたシャフトプレーン30と、ステップS40で特定されたホーガンプレーン40との間の領域）へのゴルフクラブ3の軌跡の入射方向を判定する（ステップS90）。

20

【0084】

次に、タイプ判定部215は、ステップS90にて判定されたゴルフクラブ3の軌跡の入射方向に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定する（ステップS100）。

【0085】

次に、画像生成部216は、ステップS30で特定されたシャフトプレーン30、ステップS40で特定されたホーガンプレーン40、ステップS80で計算されたダウンスイング時のゴルフクラブの軌跡、及びステップS100で判定されたユーザー2のスイングタイプの情報を含む画像データを生成し、出力処理部217により表示部25に表示させる（ステップS110）。そして、制御部21は、図4に示すフローチャートの処理を終了する。

30

【0086】

なお、図4のフローチャートにおいて、可能な範囲で各工程の順番を適宜変えてもよい。

【0087】

次に、シャフトプレーン（第1仮想平面）を特定する処理（図4のステップS30の処理）の一例について詳細に説明する。

【0088】

まず、第1仮想平面特定部211は、図2に示したように、ゴルフクラブ3のヘッドの位置61をXYZ座標系（グローバル座標系）の原点O（0, 0, 0）として、センサーユニット10が計測した静止時の加速度データとクラブ仕様情報とを用いて、グリップエンドの位置62の座標（0, G_y , G_z ）を計算する。図5は、ユーザー2の静止時（アドレス時）におけるゴルフクラブ3とセンサーユニット10をX軸の負側から見た平面図である。図5では、ゴルフクラブ3のヘッドの位置61が原点O（0, 0, 0）であり、グリップエンドの位置62の座標は（0, G_y , G_z ）である。ユーザー2の静止時にセンサーユニット10には重力加速度Gがかかるので、y軸加速度 $y(0)$ とゴルフクラブ3のシャフトの傾斜角（シャフトの長軸と水平面（XY平面）とのなす角）との関係は式（1）で表される。

40

【0089】

【数 1】

$$y(0) = G \cdot \sin \alpha \cdots (1)$$

【0090】

従って、クラブ仕様情報に含まれるゴルフクラブ3のシャフトの長さを L_1 とすると、 G_Y 、 G_Z は、シャフトの長さ L_1 と傾斜角を用いて、式(2)及び式(3)でそれぞれ計算される。

【0091】

【数 2】

$$G_Y = L_1 \cdot \cos \alpha \cdots (2)$$

【0092】

【数 3】

$$G_Z = L_1 \cdot \sin \alpha \cdots (3)$$

【0093】

次に、第1仮想平面特定部211は、ゴルフクラブ3のグリップエンドの位置62の座標(0, G_Y , G_Z)にスケールファクター S を乗算し、シャフトプレーン30の頂点 S_1 と頂点 S_2 の midpoint S_3 の座標(0, S_Y , S_Z)を計算する。すなわち、 S_Y 及び S_Z は、式(4)及び式(5)により計算される。

【0094】

【数 4】

$$S_Y = G_Y \cdot S \cdots (4)$$

【0095】

【数 5】

$$S_Z = G_Z \cdot S \cdots (5)$$

【0096】

図6は、図2のシャフトプレーン30をYZ平面で切った断面図をX軸の負側から見た図である。頂点 S_1 と頂点 S_2 の midpoint S_3 と原点Oとを結ぶ線分の長さ(シャフトプレーン30のX軸と直交する方向の幅)は、第1線分51の長さ L_1 の S 倍となる。このスケールファクター S は、ユーザー2のスイング動作中のゴルフクラブ3の軌跡がシャフトプレーン30に収まるような値に設定される。例えば、ユーザー2の腕の長さを L_2 とすると、シャフトプレーン30のX軸と直交する方向の幅 $S \times L_1$ が、シャフトの長さ L_1 と腕の長さ L_2 の和の2倍となるように、スケールファクター S を式(6)のように設定してもよい。

【0097】

【数 6】

$$S = \frac{2 \cdot (L_1 + L_2)}{L_1} \cdots (6)$$

【0098】

また、ユーザー2の腕の長さ L_2 は、ユーザー2の身長 L_0 と相関があり、統計情報に

10

20

30

40

50

基づき、例えば、ユーザー 2 が男性の場合は式 (7) のような関連式で表され、ユーザー 2 が女性の場合は式 (8) のような関連式で表される。

【0099】

【数7】

$$L_2 = 0.41 \times L_0 - 45.5 [mm] \cdots (7)$$

【0100】

【数8】

$$L_2 = 0.46 \times L_0 - 126.9 [mm] \cdots (8)$$

10

【0101】

従って、ユーザーの腕の長さ L_2 は、身体情報に含まれるユーザー 2 の身長 L_0 と性別とを用いて、式 (7) 又は式 (8) により算出される。

【0102】

次に、第1仮想平面特定部 211 は、上述のように計算した中点 S3 の座標 ($0, S_Y, S_Z$) 及びシャフトプレーン 30 の X 軸方向の幅 (第3線分 52 の長さ) TL を用いて、シャフトプレーン 30 の頂点 T1 の座標 ($-TL/2, 0, 0$)、頂点 T2 の座標 ($TL/2, 0, 0$)、頂点 S1 の座標 ($-TL/2, S_Y, S_Z$)、S2 の座標 ($TL/2, S_Y, S_Z$) を計算する。X 軸方向の幅 TL は、ユーザー 2 のスイング動作中のゴルフクラブ 3 の軌跡がシャフトプレーン 30 に収まるような値に設定される。例えば、X 軸方向の幅 TL を、X 軸と直交する方向の幅 $S \times L_1$ と同じ、すなわち、シャフトの長さ L_1 と腕の長さ L_2 の和の 2 倍に設定してもよい。

20

【0103】

このように計算された 4 つの頂点 T1, T2, S1, S2 の座標により、シャフトプレーン 30 が特定される。

【0104】

次に、ホーガンプレーン (第2仮想平面) を特定する処理 (図4のステップ S40 の処理) の一例について詳細に説明する。

30

【0105】

まず、第2仮想平面特定部 212 は、上述のように計算されたゴルフクラブ 3 のグリップエンドの位置 62 の座標 ($0, G_Y, G_Z$) 及びユーザー 2 の身体情報を用いて、ユーザー 2 の両肩を結ぶ線分上の所定位置 63 を推定し、その座標 (A_X, A_Y, A_Z) を計算する。

【0106】

図7は、図2のホーガンプレーン 40 を YZ 平面で切った断面図を X 軸の負側から見た図である。図7では、ユーザー 2 の両肩を結ぶ線分の中点を所定位置 63 としており、所定位置 63 は YZ 平面上に存在する。従って、所定位置 63 の X 座標 A_X は 0 である。そして、第2仮想平面特定部 212 は、ゴルフクラブ 3 のグリップエンドの位置 62 を Z 軸の正方向にユーザー 2 の腕の長さ L_2 だけ移動させた位置が所定位置 63 であると推定する。従って、所定位置 63 の Y 座標 A_Y はグリップエンドの位置 62 の Y 座標 G_Y と同じであり、所定位置 63 の Z 座標 A_Z は、式 (9) のように、グリップエンドの位置 62 の Z 座標 G_Z とユーザー 2 の腕の長さ L_2 の和として計算される。

40

【0107】

【数9】

$$A_Z = G_Z + L_2 \cdots (9)$$

【0108】

50

ユーザーの腕の長さ L_2 は、身体情報に含まれるユーザー 2 の身長 L_0 と性別とを用いて、式 (7) 又は式 (8) により算出される。

【0109】

次に、第2仮想平面特定部 212 は、所定位置 63 の Y 座標 A_Y 及び Z 座標 A_Z にそれぞれスケールファクター H を乗算し、ホーガンプレーン 40 の頂点 H_1 と頂点 H_2 の中点 H_3 の座標 $(0, H_Y, H_Z)$ を計算する。すなわち、 H_Y 及び H_Z は、式 (10) 及び式 (11) により計算される。

【0110】

【数10】

$$H_Y = A_Y \cdot H \cdots (10)$$

10

【0111】

【数11】

$$H_Z = A_Z \cdot H \cdots (11)$$

【0112】

図7に示すように、頂点 H_1 と頂点 H_2 の中点 H_3 と原点 O とを結ぶ線分の長さ (ホーガンプレーン 40 の X 軸と直交する方向の幅) は、第2線分 53 の長さ L_3 の H 倍となる。このスケールファクター H は、ユーザー 2 のスイング動作中のゴルフクラブ 3 の軌跡がホーガンプレーン 40 に収まるような値に設定される。例えば、ホーガンプレーン 40 は、シャフトプレーン 30 と同じ形及び大きさとしてもよい。この場合、ホーガンプレーン 40 の X 軸と直交する方向の幅 $H \times L_3$ が、シャフトプレーン 30 の X 軸と直交する方向の幅 $S \times L_1$ と一致し、ゴルフクラブ 3 のシャフトの長さ L_1 とユーザー 2 の腕の長さ L_2 の和の2倍となるから、スケールファクター H を式 (12) のように設定してもよい。

20

【0113】

【数12】

$$H = \frac{2 \cdot (L_1 + L_2)}{L_3} \cdots (12)$$

30

【0114】

また、第2線分 53 の長さ L_3 は、所定位置 63 の Y 座標 A_Y 及び Z 座標 A_Z を用いて、式 (13) のより計算される。

【0115】

【数13】

$$L_3 = \sqrt{A_Y^2 + A_Z^2} \cdots (13)$$

40

【0116】

次に、第2仮想平面特定部 212 は、上述のように計算した中点 H_3 の座標 $(0, H_Y, H_Z)$ 及びホーガンプレーン 40 の X 軸方向の幅 (第3線分 52 の長さ) TL を用いて、ホーガンプレーン 40 の頂点 T_1 の座標 $(-TL/2, 0, 0)$ 、頂点 T_2 の座標 $(TL/2, 0, 0)$ 、頂点 H_1 の座標 $(-TL/2, H_Y, H_Z)$ 、 H_2 の座標 $(TL/2, H_Y, H_Z)$ を計算する。X 軸方向の幅 TL は、ユーザー 2 のスイング動作中のゴルフクラブ 3 の軌跡がホーガンプレーン 40 に収まるような値に設定される。本実施形態では、ホーガンプレーン 40 の X 軸方向の幅 TL は、シャフトプレーン 30 の X 軸方向の

50

幅と同じであるから、上記のとおり、シャフトの長さ L_1 と腕の長さ L_2 の和の2倍に設定してもよい。

【0117】

このように計算された4つの頂点 T_1 、 T_2 、 H_1 、 H_2 の座標により、ホーガンプレート40が特定される。

【0118】

次に、ユーザー2が打球したタイミングを検出する処理(図4のステップS60の処理)の一例について詳細に説明する。

【0119】

運動解析部213は、センサーユニット10から取得した計測データを用いて、スイングの開始から終了までの一連の動作(「リズム」ともいう)、例えば、スイングの開始から、バックスイング、トップ、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー、スイングの終了までを検出する。具体的なリズムの検出手順は、特に限定されないが、例えば下記のような手順を採用することができる。

【0120】

まず、運動解析部213は、取得した時刻 t 毎の角速度データを用いて、各時刻 t での各軸回りの角速度の大きさの和(ノルムという)を計算する。また、運動解析部213は、各時刻 t での角速度のノルムを時間で微分してもよい。

【0121】

ここで、3軸(x軸、y軸、z軸)の軸回りの角速度が、例えば図8(センサーユニットから出力される角速度の一例を示す図)に示すようなグラフに表れる場合を考える。図8では、横軸が時間(ms ec)、縦軸が角速度(d ps)である。また、角速度のノルムは、例えば図9(角速度のノルムの一例を示す図)に示すようなグラフに表れる。図9では、横軸が時間(ms ec)、縦軸が角速度のノルムである。また、角速度のノルムの微分値は、例えば図10(角速度のノルムの微分値の一例を示す図)に示すようなグラフに表れる。図10では、横軸が時間(ms ec)、縦軸が角速度のノルムの微分値である。なお、図8~図10は、本実施形態を理解し易くするためのものであり、正確な値を示しているわけではない。

【0122】

また、運動解析部213は、計算した角速度のノルムを用いて、スイングにおけるインパクトのタイミングを検出する。運動解析部213は、例えば、角速度のノルムが最大となるタイミングをインパクトのタイミングとして検出する(図9のT5)。または、運動解析部213は、例えば、計算した角速度のノルムの微分の値が最大となるタイミングと最小となるタイミングのうち、先のタイミングをインパクトのタイミングとして検出するようにしてもよい(図10のT5)。

【0123】

また、運動解析部213は、例えば、インパクトより前で、計算した角速度のノルムが極小となるタイミングをスイングのトップのタイミングとして検出する(図9のT3)。また、運動解析部213は、例えば、インパクトより前で角速度のノルムが第1閾値以下の連続した期間をトップ期間(トップでの溜めの期間)として特定する(図9のT2~T4)。

【0124】

また、運動解析部213は、例えば、トップより前で、角速度のノルムが第2閾値以下となるタイミングをスイングの開始のタイミングとして検出する(図9のT1)。

【0125】

また、運動解析部213は、例えば、インパクトより後で、角速度のノルムが極小となるタイミングをスイングの終了(フィニッシュ)のタイミングとして検出する(図9のT7)。または、運動解析部213は、例えば、インパクトより後で、角速度のノルムが第3閾値以下となる最初のタイミングをスイングの終了(フィニッシュ)のタイミングとして検出するようにしてもよい。また、運動解析部213は、例えば、インパクトのタイミ

10

20

30

40

50

ングより後で且つインパクトのタイミングに接近し、角速度のノルムが第4閾値以下となる連続した期間をフィニッシュ期間として特定する(図9のT6~T8)。

【0126】

上記のようにして、運動解析部213は、スイングのリズムを検出することができる。また、運動解析部213は、リズムを検出することにより、スイング中の各期間(例えば、スイング開始からトップ開始までのバックスイング期間、トップ終了からインパクトまでのダウンスイング期間、インパクトからスイング終了までのフォロースルー期間)を特定することができる。

【0127】

また、運動解析部213は、インパクト前として、例えば、ハーフウェイダウンからインパクトまでの期間を特定することができる。ハーフウェイダウンのタイミングは、ゴルフクラブ3に装着されたセンサーユニット10によって、ゴルフクラブ3が水平になったときを検出することにより、検出することができる。

【0128】

以下、入射方向判定部214とタイプ判定部215について詳細に説明する。

【0129】

図11は、シャフトプレーン及びホーガンプレーンをX軸の負側から見た図(YZ平面に投影した図)である。図11には、シャフトプレーン30と、ホーガンプレーン40と、ゴルフクラブ3の軌跡3aと、が示してある。図11の点線で示す軌跡3aは、バックスイングにおけるゴルフクラブ3の軌跡を示し、一点鎖線で示す軌跡3aは、ダウンスイングにおけるゴルフクラブ3の軌跡を示している。

【0130】

図11の範囲A1に示す一点鎖線の軌跡3aは、インパクト前の軌跡を示している。例えば、範囲A1に示す一点鎖線の軌跡3aは、ハーフウェイダウンからインパクトまでの軌跡を示している。

【0131】

入射方向判定部214は、第1仮想平面特定部211で特定されたシャフトプレーン30と、第2仮想平面特定部212で特定されたホーガンプレーン40とで挟まれる領域(図11の斜線で示すVゾーン71)を特定する。そして、入射方向判定部214は、インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡3aの、Vゾーン71への入射方向を判定する。

【0132】

例えば、図11の場合、インパクト前における軌跡3a(範囲A1に示す一点鎖線の軌跡3a)は、シャフトプレーン30からVゾーン71へ入射している。従って、図11の例の場合、入射方向判定部214は、ゴルフクラブ3の軌跡3aはシャフトプレーン30からVゾーン71へ入射されていると判定する。

【0133】

タイプ判定部215は、入射方向判定部214の判定結果に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定する。図11の例の場合、入射方向判定部214は、ゴルフクラブ3の軌跡3aはシャフトプレーン30からVゾーン71へ入射されていると判定するので、タイプ判定部215は、ユーザー2のスイングタイプはスライスタイプであると判定する。

【0134】

なお、インパクト前は、上記したように、運動解析部213によって検出される。従って、入射方向判定部214は、運動解析部213によって計算された軌跡3aと、運動解析部213によって検出されたインパクト前とに基づいて、インパクト前の軌跡3aを特定することができる。

【0135】

図12は、表示部に表示される画面の一例を示した図である。画像生成部216で生成された画像データは、出力処理部217によって表示部25に出力される。図12に示す画面80は、表示部25に表示される画面例を示している。画面80は、打球方向の後方

10

20

30

40

50

から見た画面例を示している。

【0136】

画面80には、Vゾーン81が表示されている。Vゾーン81は、シャフトプレーン30のポリゴンデータ82aと、ホーガンプレーン40のポリゴンデータ82bとによって示されている。

【0137】

画面80には、ゴルフクラブ3のアドレスからインパクトまでの軌跡3aが表示されている。図12の画面80の例では、ゴルフクラブ3の軌跡3aは、矢印83aに示すように、ダウンスイングの途中において、シャフトプレーン30（ポリゴンデータ82a）からVゾーン81の外に出ている。そして、ゴルフクラブ3の軌跡3aは、矢印83bに示すように、インパクト前において、シャフトプレーン30（ポリゴンデータ82a）からVゾーン81に入射している。すなわち、画面80の例では、インパクト前における、ゴルフクラブ3の軌跡3aの入射方向は、シャフトプレーン30からVゾーン81へ方向となる。従って、画面80の例におけるユーザー2のスイングタイプはスライスタイプとなる。

10

【0138】

画面80には、ユーザー2のスイングタイプを示すスイングタイプ84が表示される。上記したように、画面80の軌跡3aの例では、ユーザー2のスイングタイプは、スライスタイプなので、スイングタイプ84には、「スライスタイプ」が表示されている。

【0139】

なお、図12に示す画像は、ユーザー2の操作に応じて表示角度（画像を見る視点）を変えることが可能な3次元画像であってもよい。

20

【0140】

図13は、入射方向判定部及びタイプ判定部の動作の一例を示したフローチャートである。図13のフローチャートは、図4のステップS90、S100の詳細な処理を示したフローチャートである。

【0141】

まず、入射方向判定部214は、図4のステップS30で特定されたシャフトプレーン30と、図4のステップS40で特定されたホーガンプレーン40とに基づいて、Vゾーンを特定する（ステップS901）。

30

【0142】

次に、入射方向判定部214は、インパクト前における、図4のステップS80で計算されたゴルフクラブ3の軌跡の、ステップS901にて特定したVゾーンへの入射方向を判定する（ステップS902）。入射方向判定部214は、インパクト前において、ゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30から入射されていると判定した場合（S902の「SP」）、ステップS903に処理を移行する。入射方向判定部214は、インパクト前において、ゴルフクラブ3の軌跡が、ホーガンプレーン40から入射されていると判定した場合（S902の「HP」）、ステップS904に処理を移行する。入射方向判定部214は、インパクト前において、ゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30及びホーガンプレーン40のどちらからも入射されていないと判定した場合（S902の「SP、HPのどちらでもない」）、ステップS905に処理を移行する。

40

【0143】

タイプ判定部215は、ステップS902にて、インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30から入射されていると入射方向判定部214によって判定された場合（S902の「SP」）、ユーザー2のスイングタイプを「スライスタイプ」と判定する（ステップS903）。そして、運動解析装置20は、図13のフローチャートの処理を終了する。

【0144】

タイプ判定部215は、ステップS902にて、インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡が、ホーガンプレーン40から入射されていると入射方向判定部214によって判

50

定された場合（S 9 0 2の「HP」）、ユーザー2のスイングタイプを「フックタイプ」と判定する（ステップS 9 0 4）。そして、運動解析装置20は、図13のフローチャートの処理を終了する。

【0145】

タイプ判定部215は、ステップS 9 0 2にて、インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30及びホーガンプレーン40のどちらからも入射されていないと入射方向判定部214によって判定された場合（S 9 0 2の「SP, HPのどちらでもない」）、ユーザー2のスイングタイプを「ストレートタイプ」と判定する（ステップS 9 0 5）。そして、運動解析装置20は、図13のフローチャートの処理を終了する。

10

【0146】

なお、運動解析装置20は、図13のフローチャートの処理を終了すると、図4のステップS 1 1 0の処理を実行する。これにより、画像生成部216は、タイプ判定部215がステップS 9 0 3～9 0 5にて判定したスイングタイプの結果を、画像データに含めることができ、図12で説明した画面80のスイングタイプ84に、ステップS 9 0 3～S 9 0 5の判定結果を表示することができる。

【0147】

以上説明したように、運動解析装置20は、ゴルフクラブ3の軌跡の、インパクト前におけるVゾーンへの入射方向を判定する。これにより、ユーザー2は、スイングタイプの評価を簡単に行うことができる。

20

【0148】

また、運動解析装置20は、センサーユニット10を用いてシャフトプレーン30及びホーガンプレーン40を特定するので、カメラなどの大掛かりな装置を使用する必要がなく、スイングタイプの評価を行う場所の制約が少ない。

【0149】

なお、上記のタイプ判定部215は、複数のスイングによる、ゴルフクラブ3の軌跡の入射方向に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定してもよい。例えば、タイプ判定部215は、過去10回のスイングによる入射方向を記憶部24に記憶する。そして、タイプ判定部215は、過去10回のスイングによる入射方向のうち、最も多かった入射方向に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定する。具体的には、過去10回のスイングのうち、シャフトプレーン30からの入射方向が5回、ホーガンプレーン40からの入射方向が2回、シャフトプレーン30及びホーガンプレーン40のどちらからの入射でもない場合が3回であったとする。この場合、タイプ判定部215は、ユーザー2のスイングタイプをスライスタイプと判定する。これにより、ユーザー2は、自分のスイング傾向を認識することができる。なお、タイプ判定部215は、複数のスイングによるユーザー2のスイングタイプの判定結果と、直近のユーザー2のスイングタイプの判定結果とを出力してもよい。これにより、ユーザー2は、自分のスイングタイプの傾向と、直近のスイングタイプとを比較することができる。

30

【0150】

また、上記では、運動解析装置20は、インパクト前におけるゴルフクラブ3の軌跡の入射方向を判定したが、インパクト後における、Vゾーンからのゴルフクラブ3の軌跡の出射方向を判定してもよい。そして、運動解析装置20は、ゴルフクラブ3の軌跡の入射方向及び出射方向に基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定してもよい。

40

【0151】

例えば、運動解析装置20は、出射方向判定部を備え、出射方向判定部は、インパクト後から所定時間後までの区間において、ゴルフクラブ3の軌跡が、シャフトプレーン30から出射したか、ホーガンプレーン40から出射したか、及びシャフトプレーン30とホーガンプレーン40とのどちらからも出射しなかったか（つまり、インパクト後から所定時間後まで、常にVゾーン内を通過していたか）、を判定する。そして、タイプ判定部215は、入射方向判定部214によるゴルフクラブ3の軌跡の入射方向と、出射方向判定

50

部によるゴルフクラブ3の軌跡の出射方向とに基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定する。例えば、タイプ判定部215は、ユーザー2のスイングタイプがスライスタイプであるのか、フックタイプであるのか、フェードタイプであるのか、ドロータイプであるのか、及びストレートタイプであるのか、判定する。このように、運動解析装置20は、ゴルフクラブ3の軌跡の入射方向と出射方向とに基づいて、ユーザー2のスイングタイプを判定することにより、より細かいスイングタイプを評価することができる。

【0152】

また、上記では、Vゾーン81とゴルフクラブ3の軌跡3aとが表示される画面80において、ユーザー2のスイングタイプ84を表示するようにしたが、これに限られない。例えば、メニュー画面に、ユーザー2の「スイングタイプ」という項目を設け、その項目がタップ等されると、画像生成部216は、ユーザー2のスイングタイプを表示部25に表示するようにしてもよい。

10

【0153】

また、上記では、第2仮想平面特定部212は、センサーユニット10が出力する計測データと身体情報とを用いて、第2線分53を特定したが、第1仮想平面特定部211が特定した第1線分51と、第1線分51に対する所定角度とを用いて、ゴルフクラブ3のヘッド(打撃部)の位置62と位置63とを結ぶ第2線分53を特定する処理を行ってもよい。

【0154】

また、上記では、ゴルフクラブ3に取り付けられたセンサーユニット10の出力によって、ホーガンプレーン40を特定するようにしたがこれに限られない。例えば、ユーザー2の腕等に、センサーユニットを取り付け、このセンサーユニットの出力に基づいて、ホーガンプレーン40を特定するようにしてもよい。

20

【0155】

また、上記では、加速度センサー13と角速度センサー14が、センサーユニット10に内蔵されて一体化されているが、加速度センサー13と角速度センサー14は一体化されていなくてもよい。あるいは、加速度センサー13と角速度センサー14が、センサーユニット10に内蔵されずに、ゴルフクラブ3又はユーザー2に直接装着されてもよい。また、上記では、センサーユニット10と運動解析装置20が別体であるが、これらを一体化してゴルフクラブ3又はユーザー2に装着可能にしてもよい。

30

【0156】

また、上記では、運動解析装置20は、ユーザー2の両肩を結ぶ線分上の所定位置63のZ座標AZを、式(9)のように、グリップエンドの位置62のY座標GYとユーザー2の腕の長さL2の和として計算しているが、これ以外の式を用いてもよい。例えば、運動解析装置20は、 $AZ = GY + K \cdot L2$ のように、L2に係数Kを乗じてGYに加算してAZを求めてもよい。

【0157】

また、上記では、ゴルフスイングを解析する運動解析システム(運動解析装置)を例に挙げたが、本発明は、テニスや野球などの様々な運動のスイングを解析する運動解析システム(運動解析装置)に適用することができる。

40

【0158】

上述した運動解析システムの機能構成は、運動解析システムの構成を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分類したものである。構成要素の分類の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。運動解析システムの構成は、処理内容に応じて、さらに多くの構成要素に分類することもできる。また、1つの構成要素がさらに多くの処理を実行するように分類することもできる。また、各構成要素の処理は、1つのハードウェアで実行されてもよいし、複数のハードウェアで実行されてもよい。

【0159】

また、上述したフロー図の各処理単位は、運動解析システムの処理を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分割したものである。処理単位の分割の仕方や名称によって

50

、本願発明が制限されることはない。運動解析システムの処理は、処理内容に応じて、さらに多くの処理単位に分割することもできる。また、1つの処理単位がさらに多くの処理を含むように分割することもできる。また、処理の順番も上記フロー図に限られない。

【0160】

以上、本発明について実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者には明らかである。また、そのような変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。また、本発明は、運動解析方法、運動解析装置のプログラム、当該プログラムを記憶した記憶媒体として提供することもできる。

10

【符号の説明】

【0161】

- 1：運動解析システム 1
- 2：ユーザー
- 3：ゴルフクラブ
- 3a：軌跡
- 10：センサーユニット 10
- 20：運動解析装置
- 21：制御部
- 210：センサー情報取得部
- 211：第1仮想平面特定部
- 212：第2仮想平面特定部
- 213：運動解析部
- 214：入射方向判定部
- 215：タイプ判定部
- 216：画像生成部
- 217：出力処理部
- 22：通信部
- 23：操作部
- 24：記憶部
- 25：表示部
- 26：音声出力部
- 30：シャフトプレーン
- 40：ホーガンプレーン
- 71：Vゾーン
- 80：画面
- 81：Vゾーン
- 82a, 82b：ポリゴンデータ
- 83a, 83b：矢印
- 84：スイングタイプ

20

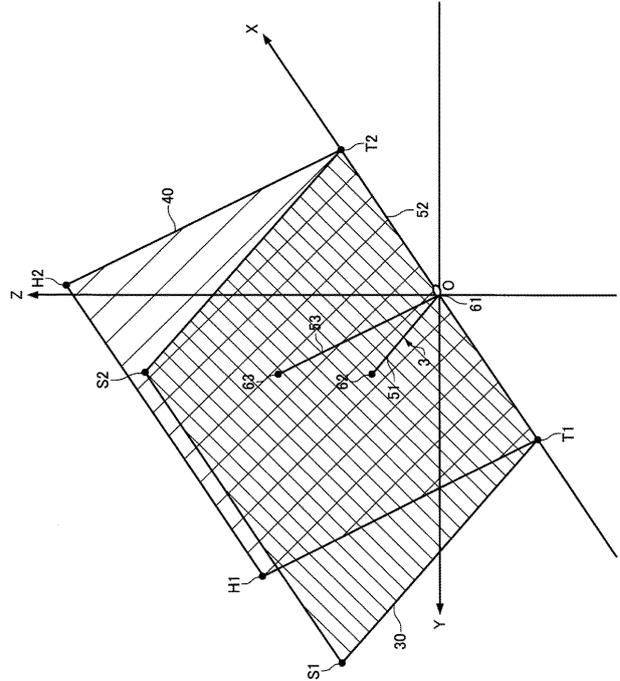
30

40

【図1】

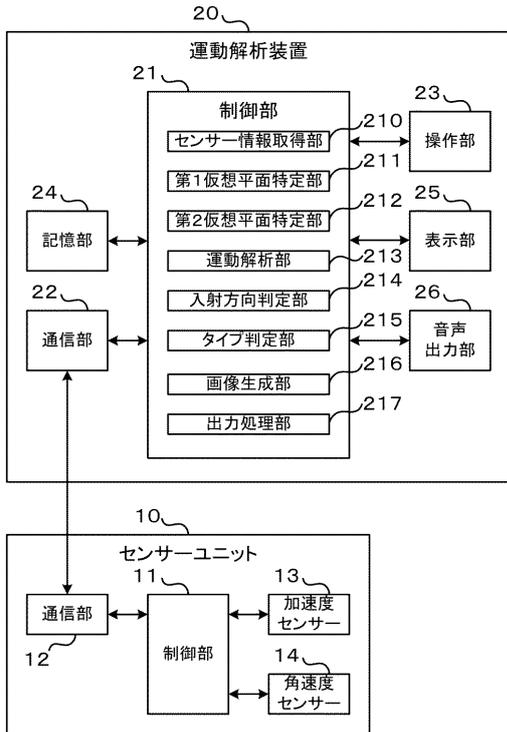


【図2】

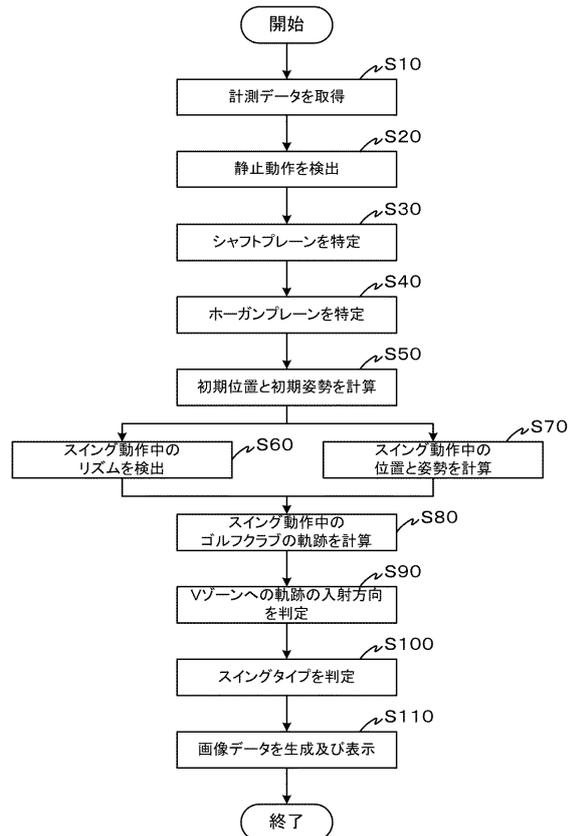


【図3】

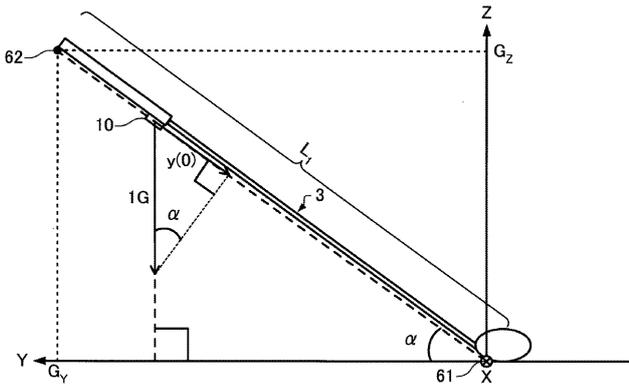
運動解析システム1



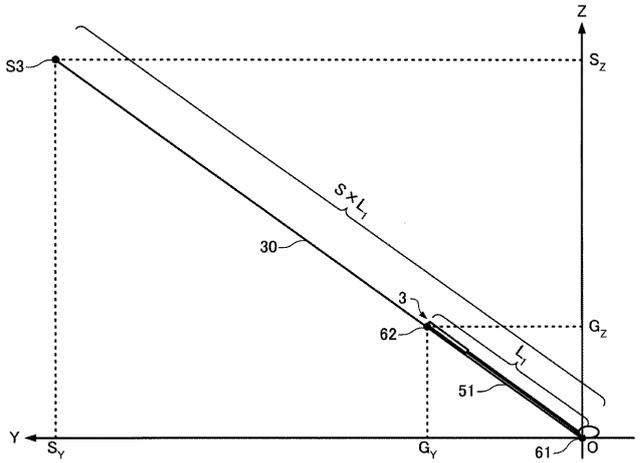
【図4】



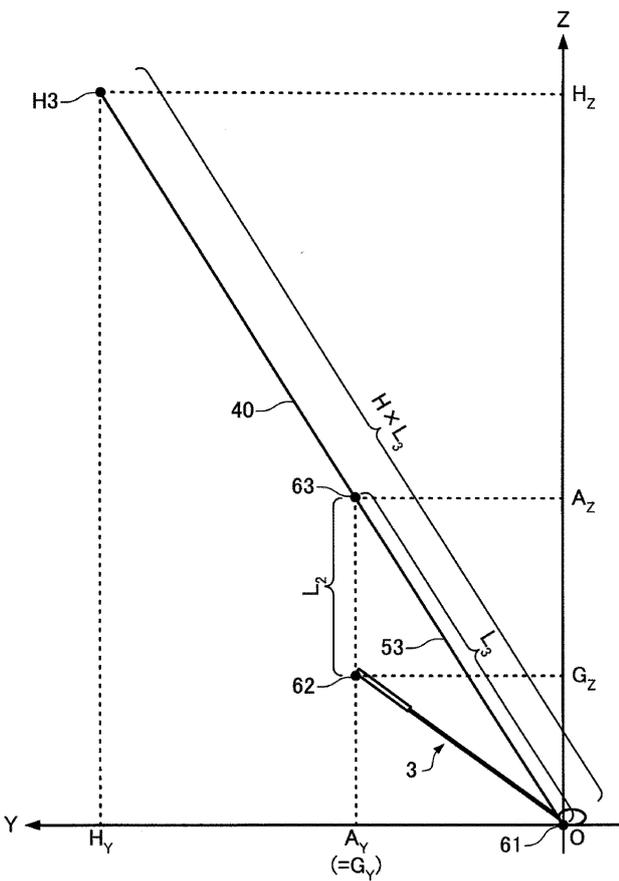
【 図 5 】



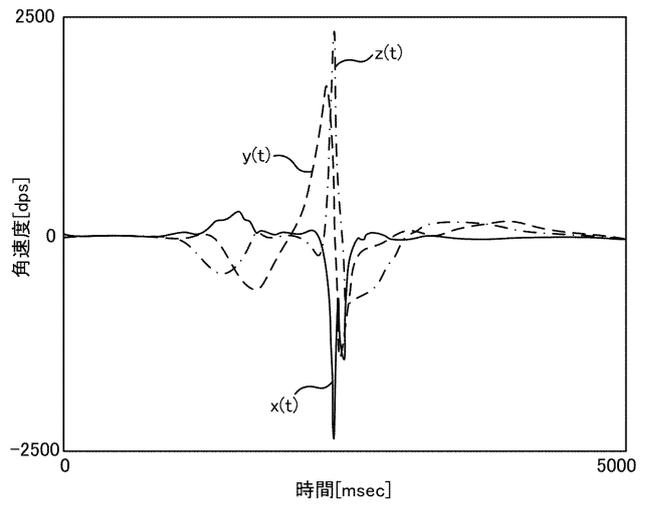
【 図 6 】



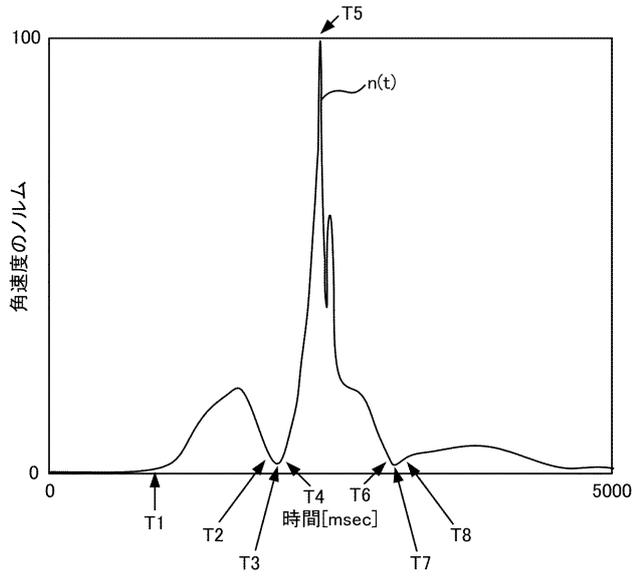
【 図 7 】



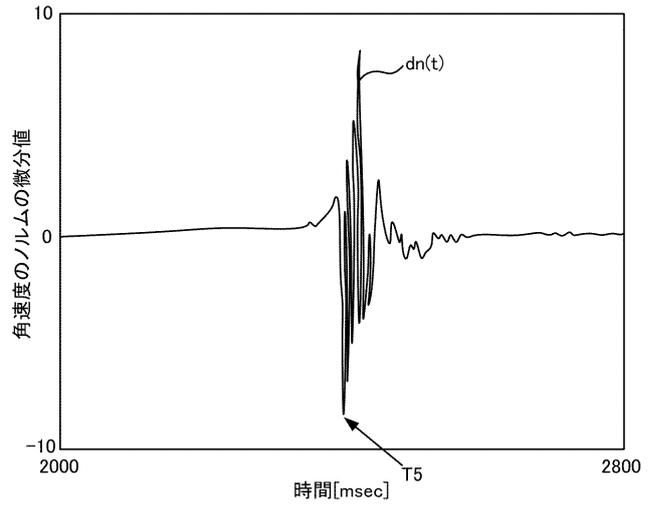
【 図 8 】



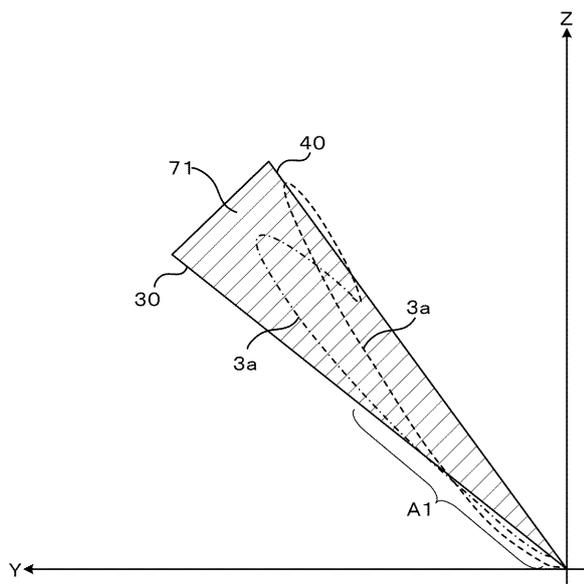
【 図 9 】



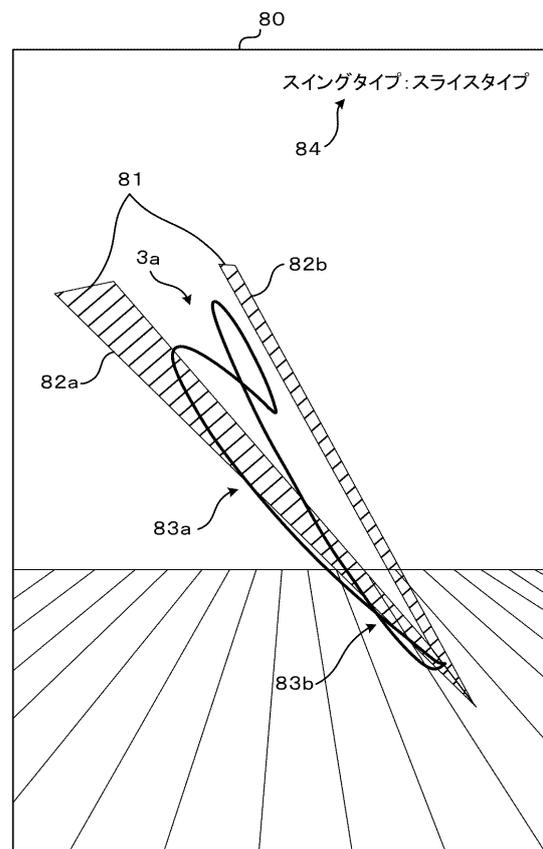
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

