

(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2017-86210
(P2017-86210A)

(43) 公開日 平成29年5月25日(2017.5.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
A 6 3 B 69/36 (2006.01) A 6 3 B 69/36 5 4 1 P
 A 6 3 B 69/36 5 4 1 W

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2015-216760 (P2015-216760)
 (22) 出願日 平成27年11月4日 (2015.11.4)

(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 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (72) 発明者 萩原 典尚
 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

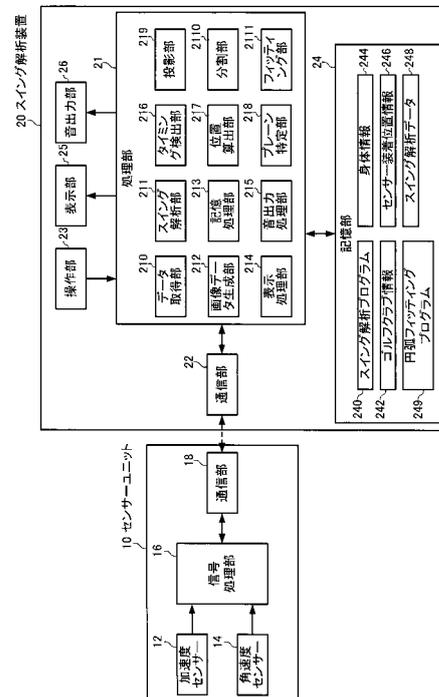
(54) 【発明の名称】 スイング解析装置、スイング解析システム、スイング解析方法、スイング解析プログラム、記録媒体、及びスイング表示装置

(57) 【要約】

【課題】スイング軌跡の良否を適確に反映した指標を得ること。

【解決手段】本発明に係るスイング解析装置は、スイングにより運動する部位の位置の時系列データを取得する取得部と、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影部と、投影された前記時系列データを複数の区間に分割する分割部と、前記時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング部と、を含む。

【選択図】図6



- 【特許請求の範囲】
- 【請求項 1】
- スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得部と、打球の目標方向に沿った第 1 軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第 2 軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影部と、投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割部と、前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング部と、を含む、
- スイング解析装置。 10
- 【請求項 2】
- 請求項 1 において、前記分割部は、前記複数の区間のうち隣り合う区間の境界領域に互いに重なる部分を設ける、スイング解析装置。
- 【請求項 3】
- 請求項 1 又は 2 において、前記分割部は、前記複数の区間の空間的な長さを同等に設定する、スイング解析装置。 20
- 【請求項 4】
- 請求項 3 において、前記分割部は、前記投影後の時系列データのうち、隣り合う位置の間隔の和を所定数で除算することにより、前記複数の区間の各々の長さを決定する、スイング解析装置。
- 【請求項 5】
- 請求項 1 乃至 4 の何れか一項において、前記フィッティング部は、前記フィッティングに最小自乗法を適用する、スイング解析装置。 30
- 【請求項 6】
- 請求項 1 乃至 5 の何れかにおいて、前記取得部は、前記時系列データに含まれる位置のサンプル数を削減する、スイング解析装置。
- 【請求項 7】
- 請求項 1 乃至 6 の何れか一項において、複数の区間の前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに提示する提示部を含む、
- スイング解析装置。 40
- 【請求項 8】
- 請求項 7 において、前記提示部は、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかの標準偏差を提示する、スイング解析装置。
- 【請求項 9】
- 請求項 7 又は 8 において、前記提示部は、前記円弧を表す曲線を提示する、
- 50

スイング解析装置。

【請求項 1 0】

請求項 7 乃至 9 の何れかにおいて、
前記提示部は、
前記複数の区間のうち少なくとも 1 つの区間の境界から前記区間の円弧の中心へ至る線分を前記円弧の半径として表示する、
スイング解析装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 乃至 1 0 の何れか一項において、
前記時系列データは、
前記スイングの開始からインパクトまでの時系列データ、
前記スイングの開始からトップまでの時系列データ、
及び前記トップから前記インパクトまでの時系列データ、
のうち少なくとも何れかである、
スイング解析装置。

10

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項において、
前記時系列データ及び前記仮想平面の少なくとも何れかは、慣性センサーの出力に基づき算出される、
スイング解析装置。

20

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のスイング解析装置と、
前記慣性センサーと、
を含む、
スイング解析システム。

【請求項 1 4】

スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得手順と、
、
打球の目標方向に沿った第 1 軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第 2 軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影手順と、
投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割手順と、
前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順と、を含む、
スイング解析方法。

30

【請求項 1 5】

スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得手順と、
、
打球の目標方向に沿った第 1 軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第 2 軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影手順と、
投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割手順と、
前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順と、
をコンピューターに実行させることを含む、
スイング解析プログラム。

40

【請求項 1 6】

スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得手順と、
、
打球の目標方向に沿った第 1 軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第 2 軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影手順と、
投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割手順と、

50

前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順と、をコンピューターに実行させるためのスイング解析プログラムを記録した、記録媒体。

【請求項 17】

スイングによる運動具の所定部位の軌跡に基づく複数の円弧と、前記複数の円弧の各々の中心及び半径の少なくとも何れかとを、前記運動具の静止状態で特定される基準面に重なるように表示する、スイング表示装置。

【請求項 18】

請求項 17 において、前記円弧は、前記平面に前記軌跡を投影したときの投影像をフィッティングした曲線であるスイング表示装置。

10

【請求項 19】

請求項 17 又は 18 において、前記基準面は、打球の目標方向に沿った第 1 軸と前記スイングの開始前における前記運動具の長手方向に沿った第 2 軸とで特定される第 1 平面、前記第 1 軸を含み前記第 1 平面に対して所定の角度を成す第 2 平面、及び前記第 1 平面に平行な第 3 平面、の何れかである、スイング表示装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スイング解析装置、スイング解析システム、スイング解析方法、スイング解析プログラム、記録媒体、及びスイング表示装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、対象物のスイング軌跡を表す複数の点列を撮像装置により時系列に三次元座標上に取り込み、スイングの回転中心や回転半径などを解析するゴルフ選択システムが開示されている。システムのユーザーは、回転中心のぶれ又は回転半径のぶれが小さいほどスイング軌跡が良好であったなどの判断をすることが可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 5 - 118818 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来システムでは、回転中心のぶれや回転半径のぶれなどの指標を算出するに当たり、点列のパラッキを平均して求めた平面（特許文献 1 の図 2（b）を参照。いわゆるスイングプレーン。）へ点列を投影しているため、仮にスイングプレーンの姿勢が著しく不適切であったとしても、そのことが指標に反映されない可能性が高い。

【0005】

なお、本願明細書では、スイングにより運動する部位（ユーザーの身体又は運動具における所定部位）の軌跡を「スイング軌跡」と称し、スイング軌跡の存在する平面を「スィ

50

ングプレーン」と称す。

【0006】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、スイング軌跡の良否を適確に反映した指標を得ることのできるスイング解析装置、スイング解析システム、スイング解析方法、スイング解析プログラム、記録媒体、及びスイング表示装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は前述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様または適用例として実現することが可能である。

10

【0008】

[適用例1]

本適用例に係るスイング解析装置は、スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得部と、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影部と、投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割部と、前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング部と、を含む。

【0009】

従って、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映されるので、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことが可能である。

20

【0010】

[適用例2]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記分割部は、前記複数の区間のうち互いに隣り合う区間の境界領域に重複する部分を設けてもよい。

【0011】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、複数の区間の円弧を連続した曲線とすることができる。この曲線は、スイング軌跡の概要を表す。

30

【0012】

[適用例3]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記分割部は、前記複数の区間の空間的な長さを同等に設定してもよい。

【0013】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、複数の区間の各々の円弧の長さを均一に近づけることができる。因みに、スイング中の前記部位の速度は均一ではないので、仮に、前記複数の区間の時間的な長さを同等に設定した場合は、複数の区間の各々の円弧の長さが著しく不均一になる可能性がある。

【0014】

[適用例4]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記分割部は、前記投影後の時系列データのうち、隣り合う位置の間隔の和を所定数で除算することにより、前記複数の区間の各々の長さを決定してもよい。

40

【0015】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、複数の区間の空間的な長さを確実に同等とすることができる。

【0016】

[適用例5]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記フィッティング部は、前記フィッティ

50

ングに最小自乗法を適用してもよい。

【 0 0 1 7 】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、フィッティングに公知の手法を利用して確実性を高めることができる。

【 0 0 1 8 】

[適用例 6]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記取得部は、前記時系列データに含まれる位置のサンプル数を削減してもよい。

【 0 0 1 9 】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、投影、分割、フィッティングなどの処理に要する演算量を削減することができる。

10

【 0 0 2 0 】

[適用例 7]

本適用例に係るスイング解析装置は、複数の区間の前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに提示する提示部を含んでもよい。

【 0 0 2 1 】

前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかの区間によるばらつきが小さいほど、スイング軌跡が良好であると考えられる。従って、本適用例に係るスイング解析装置は、スイング軌跡の良否を具体的に提示できる。また、本適用例に係るスイング解析装置は、円弧の中心及び半径の少なくとも何れかが時間経過に伴ってどのように変化したかを提示することもできる。

20

【 0 0 2 2 】

[適用例 8]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記提示部は、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかの標準偏差を提示してもよい。

【 0 0 2 3 】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかのばらつきを定量的に提示できる。

【 0 0 2 4 】

[適用例 9]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記提示部は、前記円弧を表す曲線を提示してもよい。

30

【 0 0 2 5 】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、スイング軌跡の概要を提示できる。

【 0 0 2 6 】

[適用例 1 0]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記提示部は、前記複数の区間のうち少なくとも1つの区間の境界から前記区間の円弧の中心へ至る線分を前記円弧の半径として表示してもよい。

【 0 0 2 7 】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、区間の境界の提示と区間の円弧半径の提示とを共通の線分により行うことができる。

40

【 0 0 2 8 】

[適用例 1 1]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記時系列データは、前記スイングの開始からインパクトまでの時系列データ、前記スイングの開始からトップまでの時系列データ、及び前記トップから前記インパクトまでの時系列データのうち少なくとも何れかであってもよい。

【 0 0 2 9 】

従って、本適用例に係るスイング解析装置は、フィッティングの対象又は提示の対象を

50

、スイングの所定タイミングから別の所定タイミングまでの期間に設定することができる。

【 0 0 3 0 】

[適用例 1 2]

本適用例に係るスイング解析装置において、前記時系列データ及び前記仮想平面の少なくとも何れかは、慣性センサーの出力に基づき算出されてもよい。

【 0 0 3 1 】

慣性センサーは、スイングにより運動する部位の位置を正確に計測することができる。従って、本適用例に係るスイング解析装置は、スイング映像などに基づき指標を算出する場合と比較して正確に指標を算出することができる。

10

【 0 0 3 2 】

[適用例 1 3]

本適用例に係るスイング解析システムは、本適用例に係るスイング解析装置と、前記慣性センサーと、を含む。

【 0 0 3 3 】

[適用例 1 4]

本適用例に係るスイング解析方法は、スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得手順と、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影手順と、投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割手順と、前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順と、を含む。

20

【 0 0 3 4 】

従って、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映されるので、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことが可能である。

【 0 0 3 5 】

[適用例 1 5]

本適用例に係るスイング解析プログラムは、スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得手順と、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影手順と、投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割手順と、前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順と、をコンピューターに実行させることを含む。

30

【 0 0 3 6 】

従って、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映されるので、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことが可能である。

40

【 0 0 3 7 】

[適用例 1 6]

本適用例に係る記録媒体は、スイングにより運動する運動具の所定部位の位置の時系列データを取得する取得手順と、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される仮想平面へ前記時系列データを投影する投影手順と、投影後の時系列データを複数の区間に分割する分割手順と、前記投影後の時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順と、をコンピューターに実行させる。

50

【 0 0 3 8 】

従って、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映されるので、本適用例に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことが可能である。

【 0 0 3 9 】

[適用例 1 7]

本適用例に係るスイング表示装置は、スイングによる運動具の所定部位の軌跡に基づく複数の円弧と、前記複数の円弧の各々の中心及び半径の少なくとも何れかとを、前記運動具の静止状態で特定される基準面に重なるように表示する。

10

【 0 0 4 0 】

[適用例 1 8]

本適用例に係るスイング表示装置において、前記円弧は、前記平面に前記軌跡を投影したときの投影像をフィッティングした曲線であってもよい。

【 0 0 4 1 】

[適用例 1 9]

請求項 1 7 又は 1 8 において、前記基準面は、打球の目標方向に沿った第 1 軸と前記スイングの開始前における前記運動具の長手方向に沿った第 2 軸とで特定される第 1 平面、前記第 1 軸を含み前記第 1 平面に対して所定の角度を成す第 2 平面、及び前記第 1 平面に平行な第 3 平面、の何れかであってもよい。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【 図 1 】 本実施形態のスイング解析システム 1 の概要を示す図。

【 図 2 】 センサーユニット 1 0 の装着位置及び向きの一例を示す図。

【 図 3 】 ユーザー 2 が打球するまでに行う動作の手順を示す図。

【 図 4 】 身体情報及びゴルフクラブ情報の入力画面の一例を示す図。

【 図 5 】 スイング動作についての説明図。

【 図 6 】 スイング解析システム 1 の構成例を示す図。

【 図 7 】 ユーザーの静止時におけるゴルフクラブ 3 とセンサーユニット 1 0 を X 軸の負側から見た平面図。

30

【 図 8 】 シャフトプレーンを Y Z 平面で切った断面図を X 軸の負側から見た図。

【 図 9 】 投影部 2 1 9 の動作を説明する図。

【 図 1 0 】 分割部 2 1 1 0 及びフィッティング部 2 1 1 1 の動作を説明する図。

【 図 1 1 】 円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の一例（対象期間はバックスイング）。

【 図 1 2 】 円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の一例（対象期間はダウンスイング）。

【 図 1 3 】 実施形態におけるスイング解析処理の手順の一例を示すフローチャート図。

【 図 1 4 】 円弧フィッティング処理の手順の一例を示すフローチャート図。

【 図 1 5 】 円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の別の例（対象期間はバックスイング）。

40

【 図 1 6 】 円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の別の例（対象期間はダウンスイング）。

【 図 1 7 】 変形例におけるスイング解析処理の手順の一例を示すフローチャート図。

【 図 1 8 】 変形例における円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の例（対象期間はスイング全体、区間数 N は 2 ）。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 3 】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、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

50

はない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。以下では、ゴルフスイングの解析を行うスイング解析システムを例に挙げて説明する。

【0044】

1. 第1実施形態

1-1. スイング解析システムの概要

図1は、本実施形態のスイング解析システムの概要を示す図である。

【0045】

図1に示すように、本実施形態のスイング解析システム1は、センサーユニット10と(慣性センサーの一例)スイング解析装置20とを含んで構成されている。

【0046】

センサーユニット10は、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(運動具の一例)に装着される。

【0047】

1-2. センサーユニットの装着例

図2は、ゴルフクラブ3に対するセンサーユニット10の装着位置及び向きの一例を示す図である。

【0048】

図2に示すように、ゴルフクラブ3に対するセンサーユニット10の装着姿勢は、センサーユニット10の3つの検出軸(x軸, y軸, z軸)のうち1軸(ここではy軸とする。)がゴルフクラブ3のシャフトの長手方向に一致するように設定される。

【0049】

また、ゴルフクラブ3に対するセンサーユニット10の他の1軸(ここではx軸とする。)の姿勢は、例えば、ターゲットライン(第1軸の一例。打球の目標方向)にx軸が沿うような姿勢とする。なお、ターゲットラインは、例えば、ゴルフクラブ3のフェース面の打球点における面法線を水平面へ投影してできるラインである。

【0050】

また、ゴルフクラブ3におけるセンサーユニット10の装着位置は、打球時の衝撃が伝わりにくく、スイング時に遠心力がかかりにくい、グリップ近辺であることが望ましい。また、ここでいう「シャフト」は、ゴルフクラブ3のヘッドを除いた柄の部分のことを指し、グリップも含まれる。「フェース面」は、ゴルフクラブ3のヘッドの打球面のことを指す。

【0051】

1-3. ユーザーの動作

図3は、ユーザー2が打球するまでに行う動作の手順を示す図である。以下、図3の各ステップを順に説明する。

【0052】

ステップS1: ユーザー2は、スイング解析装置20を介してユーザー2の身体情報とユーザー2が使用するゴルフクラブ3に関する情報(ゴルフクラブ情報)などの入力操作を行う。身体情報は、ユーザー2の身長、腕の長さ及び脚の長さの少なくとも1つの情報を含み、さらに性別の情報やその他の情報を含んでもよい。ゴルフクラブ情報は、ゴルフクラブ3の長さ(クラブ長)の情報及びゴルフクラブ3の種類(番手)の少なくとも一方の情報を含む。

【0053】

ステップS2: ユーザー2は、スイング解析装置20を介して計測開始操作(センサーユニット10に計測を開始させるための操作)を行う。その後、スイング解析装置20は、センサーユニット10に計測開始コマンドを送信し、センサーユニット10は計測開始コマンドを受信して3軸加速度と3軸角速度の計測を開始する。センサーユニット10は、所定のサンプリング周期(例えば $t = 1 \text{ ms}$)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、スイング解析装置20に送信する。センサーユニット10とスイング解析装置20との間の通信は、無線通信又は有線通信である。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 3 : ユーザー 2 は、スイング解析装置 2 0 からアドレス姿勢をとるよう指示する通知 (例えば音声による通知) を受けたか否かを判定し、通知を受けた場合には (S 3 の Y) ステップ S 4 へ移行し、受けない場合には (S 3 N)、待機する。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 4 : ユーザー 2 は、ゴルフクラブ 3 のシャフトの長手方向がターゲットライン (打球の目標方向) に対して垂直となるようにアドレス姿勢をとり、所定時間以上、静止する。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 5 : ユーザー 2 は、スイング解析装置 2 0 からスイングを許可する通知 (例えば音声による通知) を受けたか否かを判定し、通知を受けた場合には (S 5 の Y) ステップ S 6 へ移行し、受けない場合には (S 5 の N)、静止を継続する。

10

【 0 0 5 7 】

ステップ S 6 : ユーザー 2 は、アドレス姿勢からスイング動作を行い、ゴルフボール 4 を打球する。その後、スイング解析装置 2 0 は、センサーユニット 1 0 の計測データに基づいて、ユーザー 2 がゴルフクラブ 3 を用いて打球したスイング動作を解析する。

【 0 0 5 8 】

1 - 4 . 入力画面

図 4 は、スイング解析装置 2 0 に表示される、身体情報及びゴルフクラブ情報の入力画面の一例を示す図である。

20

【 0 0 5 9 】

図 4 に示す入力画面上で、ユーザー 2 は、身長、性別、年齢、国などの身体情報を入力し、クラブ長 (シャフトの長さ)、番手などのゴルフクラブ情報を入力する。なお、身体情報に含まれる情報は、これに限られず、例えば、身体情報は、身長に代えて又は身長とともに腕の長さ及び脚の長さの少なくとも一方の情報を含んでもよい。同様に、ゴルフクラブ情報に含まれる情報は、これに限られず、例えば、ゴルフクラブ情報は、クラブ長と番手のいずれか一方の情報を含まなくてもよいし、他の情報を含んでもよい。

【 0 0 6 0 】

1 - 5 . スイング動作

図 5 は、スイング動作についての説明図である。

30

【 0 0 6 1 】

図 5 に示すように、ユーザー 2 が行うスイング動作は、スイング (バックスイング) を開始した後、バックスイング中にゴルフクラブ 3 のシャフトが水平になるハーフウェイバック、バックスイングからダウンスイングに切り替わるトップ、ダウンスイング中にゴルフクラブ 3 のシャフトが水平になるハーフウェイダウンの各状態を経て、ゴルフボール 4 を打球するインパクト (打球) に至る動作を含んでいる。

【 0 0 6 2 】

1 - 6 . スイング解析システムの構成

図 6 は、スイング解析システムの構成例を示す図である。

【 0 0 6 3 】

図 6 に示すように、センサーユニット 1 0 は、加速度センサー 1 2、角速度センサー 1 4、信号処理部 1 6 及び通信部 1 8 を含んで構成されている。ただし、センサーユニット 1 0 は、適宜、これらの構成要素の一部が削除又は変更され、あるいは、他の構成要素が付加された構成であってもよい。

40

【 0 0 6 4 】

加速度センサー 1 2 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。

【 0 0 6 5 】

角速度センサー 1 4 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

50

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。

【 0 0 6 6 】

信号処理部 1 6 は、加速度センサー 1 2 と角速度センサー 1 4 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不図示の記憶部に記憶し、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 1 8 に出力する。

【 0 0 6 7 】

加速度センサー 1 2 及び角速度センサー 1 4 は、それぞれ 3 軸が、センサーユニット 1 0 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 1 0 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、信号処理部 1 6 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 x y z 座標系のデータに変換する処理を行う。

10

【 0 0 6 8 】

さらに、信号処理部 1 6 は、加速度センサー 1 2 及び角速度センサー 1 4 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 1 2 及び角速度センサー 1 4 に温度補正の機能が組み込まれていてもよい。

【 0 0 6 9 】

なお、加速度センサー 1 2 と角速度センサー 1 4 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、信号処理部 1 6 が、加速度センサー 1 2 の出力信号と角速度センサー 1 4 の出力信号をそれぞれ A / D 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

【 0 0 7 0 】

通信部 1 8 は、信号処理部 1 6 から受け取ったパケットデータをスイング解析装置 2 0 に送信する処理や、スイング解析装置 2 0 から計測開始コマンド等の各種の制御コマンドを受信して信号処理部 1 6 に送る処理等を行う。信号処理部 1 6 は、制御コマンドに応じた各種処理を行う。

【 0 0 7 1 】

図 6 に示すように、スイング解析装置 2 0 は、処理部 2 1（コンピューターの一例）、通信部 2 2、操作部 2 3、記憶部 2 4、表示部 2 5（提示部の一例）、音出力部 2 6（提示部の一例）を含んで構成されている。ただし、スイング解析装置 2 0 は、適宜、これらの構成要素の一部が削除又は変更され、あるいは、他の構成要素が付加された構成であってもよい。

30

【 0 0 7 2 】

通信部 2 2 は、センサーユニット 1 0 から送信されたパケットデータを受信し、処理部 2 1 に送る処理や、処理部 2 1 からの制御コマンドをセンサーユニット 1 0 に送信する処理等を行う。

【 0 0 7 3 】

操作部 2 3 は、ユーザー 2 の操作に応じたデータを取得し、処理部 2 1 に送る処理を行う。操作部 2 3 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。

40

【 0 0 7 4 】

記憶部 2 4 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。記憶部 2 4 は、処理部 2 1 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。

【 0 0 7 5 】

本実施形態では、記憶部 2 4 には、処理部 2 1 によって読み出され、スイング解析処理

50

を実行するためのスイング解析プログラム 240 と、円弧フィッティング処理（スイング解析方法の一例）を実行するための円弧フィッティングプログラム 249 とが記憶されている。スイング解析プログラム 240 及び円弧フィッティングプログラム 249 は、あらかじめ不揮発性の記録媒体（コンピューターに読み取り可能な記録媒体）に記憶されていてもよいし、処理部 21 がネットワークを介して不図示のサーバーから受信して記憶部 24 に記憶させたものであってもよい。

【0076】

また、本実施形態では、記憶部 24 には、ゴルフクラブ情報 242、身体情報 244、センサー装着位置情報 246、スイング解析データ 248 が記憶される。例えば、ユーザー 2 が、操作部 23 を操作して、入力画面から、使用するゴルフクラブ 3 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少なくとも一部の情報）を入力し、入力された仕様情報をゴルフクラブ情報 242 としてもよい。あるいは、ユーザー 2 が、ステップ S1 において、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 24 にあらかじめ記憶されている型番毎の仕様情報のうち、入力された型番の仕様情報をゴルフクラブ情報 242 としてもよい。

10

【0077】

また、例えば、ユーザー 2 が、操作部 23 を操作して、入力画面から、身体情報を入力し、入力された身体情報を身体情報 244 としてもよい。また、例えば、ステップ S1 において、ユーザー 2 が操作部 23 を操作してセンサーユニット 10 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をセンサー装着位置情報 246 としてもよい。あるいは、センサーユニット 10 を決められた所定位置（例えば、グリップエンドから 20cm 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 246 としてあらかじめ記憶されていてもよい。

20

【0078】

スイング解析データ 248 は、スイングが行われた時刻（日時）、ユーザー 2 の識別情報や性別、ゴルフクラブ 3 の種類とともに、処理部 21（スイング解析部 211）によるスイング解析処理の結果（指標）の情報を含むデータである。本実施形態では、この指標に、後述する円弧フィッティングで算出された指標も含まれる。また、スイング解析データ 248 には、後述する円弧フィッティングに適用された条件も書き込まれる。

【0079】

また、記憶部 24 は、処理部 21 の作業領域として用いられ、操作部 23 が取得したデータ、処理部 21 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 24 は、処理部 21 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。

30

【0080】

表示部 25 は、処理部 21 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 25 は、例えば、CRT、LCD、タッチパネル型ディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイ（HMD：Head Mounted Display）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 23 と表示部 25 の機能を実現するようにしてもよい。

40

【0081】

音出力部 26 は、処理部 21 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。音出力部 26 は、例えば、スピーカーやブザーなどであってもよい。

【0082】

処理部 21 は、各種プログラムに従い、通信部 22 を介してセンサーユニット 10 に制御コマンドを送信する処理や、通信部 22 を介してセンサーユニット 10 から受信したデータに対する各種の計算処理を行う。また、処理部 21 は、その他の各種の制御処理を行う。

【0083】

特に、本実施形態では、処理部 21 は、スイング解析プログラム 240 又は円弧フィッ

50

ティングプログラム 2 4 9 (スイング解析プログラムの一例) を実行することにより、スイング解析部 2 1 1、タイミング検出部 2 1 6、位置算出部 2 1 7 (取得部の一例)、プレーン特定部 2 1 8、投影部 2 1 9、分割部 2 1 1 0、フィッティング部 2 1 1 1 として機能する。また、処理部 2 1 は、適宜、データ取得部 2 1 0、画像データ生成部 2 1 2、記憶処理部 2 1 3、表示処理部 2 1 4、音出力処理部 2 1 5 として機能する。

【0084】

データ取得部 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し、記憶処理部 2 1 3 に送る処理を行う。

【0085】

記憶処理部 2 1 3 は、記憶部 2 4 に対する各種プログラムや各種データのリード/ライト処理を行う。例えば、記憶処理部 2 1 3 は、データ取得部 2 1 0 から受け取った時刻情報と計測データを対応づけて記憶部 2 4 に記憶させる処理や、スイング解析部 2 1 1 が算出した各種の情報やスイング解析データ 2 4 8 等を記憶部 2 4 に記憶させる処理を行う。

【0086】

スイング解析部 2 1 1 は、センサーユニット 1 0 が出力する計測データ (記憶部 2 4 に記憶されている計測データ) や操作部 2 3 からのデータなどを用いて、ユーザー 2 のスイング運動を解析し、スイングが行われた時刻 (日時)、ユーザー 2 の識別情報や性別、ゴルフクラブ 3 の種類、円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データ 2 4 8 を生成し、記憶部 2 4 へ保存したり表示部 2 5 へ表示したりする。

【0087】

スイング解析部 2 1 1 は、後述する円弧フィッティングに適用された条件と、後述する円弧フィッティングで算出された指標とを互いに対応付けてスイング解析データ 2 4 8 に書き込む。

【0088】

円弧フィッティングに適用された条件とは、円弧フィッティングの対象となった部位 (対象部位)、円弧フィッティングの対象となったスイングの期間 (対象期間)、円弧フィッティングで設定した区間の境界などのことである。

【0089】

本実施形態では、円弧フィッティングの対象部位をゴルフクラブ 3 のヘッドと仮定する。また、本実施形態では、円弧フィッティングの対象期間を、スイング開始からトップまで (バックスイング) の期間と、トップからインパクトまで (ダウンスイング) の期間との 2 つの期間と仮定する。また、本実施形態では、円弧フィッティングで算出される指標を、区間ごとの円弧中心、区間ごとの円弧半径、円弧中心の標準偏差、円弧半径の標準偏差の 4 種類の指標と仮定する。

【0090】

画像データ生成部 2 1 2 は、表示部 2 5 に表示される画像に対応する画像データを生成する処理を行う。例えば、画像データ生成部 2 1 2 は、データ取得部 2 1 0 が受け取った各種の情報に基づき画像データを生成する。

【0091】

表示処理部 2 1 4 は、表示部 2 5 に対して各種の画像 (画像データ生成部 2 1 2 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、表示処理部 2 1 4 は、画像データ生成部 2 1 2 が生成した画像データに基づき、表示部 2 5 に各種の画面等を表示させる。また、例えば、画像データ生成部 2 1 2 は、ユーザー 2 に通知を行うための画像や文字等を表示部 2 5 に表示させてもよい。また、例えば、表示処理部 2 1 4 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、スイング解析部 2 1 1 による解析結果 (スイング解析データ 2 4 8 の少なくとも一部) を示す文字や記号等のテキスト情報を表示部 2 5 に表示させてもよい。あるいは、センサーユニット 1 0 に表示部を設けておいて、表示処理部 2 1 4 は、通信部 2 2 を介してセンサーユニット 1 0 に画像データを送信し、センサーユニッ

10

20

30

40

50

ト 1 0 の表示部に各種の画像や文字等を表示させてもよい。

【 0 0 9 2 】

音出力処理部 2 1 5 は、音出力部 2 6 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、音出力処理部 2 1 5 は、ユーザー 2 に通知を行うための音を音出力部 2 6 から出力させてもよい。また、例えば、音出力処理部 2 1 5 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、スイング解析部 2 1 1 による解析結果（スイング解析データ 2 4 8 の少なくとも一部）を示す音や音声を音出力部 2 6 から出力させてもよい。あるいは、センサーユニット 1 0 に音出力部を設けておいて、音出力処理部 2 1 5 は、通信部 2 2 を介してセンサーユニット 1 0 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 1 0 の音出力部に各種の音や音声を出力させてもよい。

10

【 0 0 9 3 】

なお、スイング解析装置 2 0 あるいはセンサーユニット 1 0 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 に通知してもよい。

【 0 0 9 4 】

タイミング検出部 2 1 6 は、センサーユニット 1 0 が出力した計測データに基づき、スイング開始、トップ、インパクトの各タイミングを検出する。これらのタイミングを検出する方法は、後述する。

【 0 0 9 5 】

位置算出部 2 1 7（取得部の一例）は、センサーユニット 1 0 が出力した計測データに基づきグローバル座標系を設定し、各時刻 t におけるセンサーユニット 1 0 の位置及び姿勢をグローバル座標系で表す。各時刻 t は、サンプリング周期 t ずつずれた時刻 $t = 0$ 、 $t = t$ 、 $t = 2t$ 、 $t = 3t$ 、 \dots である。グローバル座標系を設定する方法、センサーユニット 1 0 の位置及び姿勢を算出する方法は、後述する。また、位置算出部 2 1 7 は、時刻 t におけるセンサーユニット 1 0 の位置及び姿勢に基づき、ゴルフクラブ 3 のヘッドの時刻 t における位置を算出する。ゴルフクラブ 3 のヘッドの位置は、センサーユニット 1 0 の装着位置からヘッドまでの位置関係と、センサーユニット 1 0 の位置と、センサーユニット 1 0 の姿勢とに基づき算出することができる。

20

【 0 0 9 6 】

本実施形態では、各時刻におけるヘッドの位置を時刻順に並べてなるデータ（時系列データ）が後述する円弧フィッティングに用いられる。本実施形態の円弧フィッティングに用いられる時系列データにおいては、各位置に時刻情報が付与されてなくても構わない。

30

【 0 0 9 7 】

位置算出部 2 1 7 は、時系列データから対象期間の時系列データを抽出する処理、抽出した時系列データに含まれる位置のサンプル数を削減する処理なども行う。例えば、位置算出部 2 1 7 は、時系列データを、時間間隔の等しい所定数（例えば 1 2 8 個）の小区間に分割し、小区間ごとの平均位置（又は代表位置）を時刻順に並べたもの（1 2 8 個の位置からなる時系列データ）を、サンプル数削減後の時系列データとする。このように、時系列データのサンプル数を削減すれば、時系列データの投影（後述）、時系列データの分割（後述）、時系列データの円弧フィッティング（後述）などの各処理に要する演算量を削減することができる。

40

【 0 0 9 8 】

因みに、バックスイングの期間長が 1 5 0 0 m s e c、ダウンスイングの期間長が 5 0 0 m s e c、サンプリング周波数が 1 0 0 0 H z であった場合、バックスイングの期間の時系列データに含まれる位置のサンプル数は 1 5 0 0、ダウンスイングの期間の時系列データに含まれるサンプル数は 5 0 0 であるので、上記の削減手順によれば、バックスイングの期間の時系列データのサンプル数は 1 5 0 0 から 1 2 8 へと削減され、ダウンスイングの期間の時系列データのサンプル数は 5 0 0 から 1 2 8 へと削減される。

【 0 0 9 9 】

プレーン特定部 2 1 8 は、ユーザー 2 がアドレス姿勢をとったときにセンサーユニット

50

10が出力した計測データ（加速度データ）に基づきシャフトプレーン（仮想平面の一例）を特定する。シャフトプレーンを特定する方法は、後述する。なお、図8には、右打ちのユーザー2の反ターゲット方向から平面視した（YZ平面における）シャフトプレーンSPの一例を示した。

【0100】

投影部219は、対象期間の時系列データに含まれる各位置を、シャフトプレーンSPへ正射影（垂直に投影）し、シャフトプレーンSPにおける投影先の座標を算出する。図9に示すとおり、時系列データに含まれる位置Pの投影先P'は、位置PからシャフトプレーンSPへ向かって下るした垂線の交点である。

【0101】

図10は、バックスイングの期間の時系列データをシャフトプレーンSPに投影した様子を模式的に示している。図10における符号P1, P2, P3, …は、時系列データに含まれる各位置であって、文字Pに付した数字1, 2, 3, …は、サンプル番号（時刻順）を示している。

【0102】

仮に、スイングが良好であるならば、シャフトプレーンSPに投影される前の時系列データが空間に描くヘッドの軌跡（スイングプレーンに投影されたヘッドの軌跡）は、おおむね楕円状をしているが、シャフトプレーンSPに投影された時系列データがシャフトプレーンSPに描くヘッドの軌跡（シャフトプレーンに投影されたヘッドの軌跡）は、図10に示すとおり円形に近づくと考えられる（ここでは「円形」に同心円と真円との双方が含まれるとする。）。 20

【0103】

分割部2110は、シャフトプレーンSPへ投影された時系列データを、図10に示すとおりN個（Nは、1以上の整数である。以下、 $N = 4$ として説明する。）の区間s1, s2, s3, s4に分割する。分割された複数の区間s1, s2, s3, s4は、円弧フィッティングの単位として用いられる。

【0104】

また、分割部2110は、複数の区間s1, s2, s3, s4の各々の空間的な長さを共通に設定する。そのために、例えば、分割部2110は、シャフトプレーンSPに投影された時系列データにおいて隣り合う位置同士の距離の和LをNで除算し、得られたL/Nの値を、複数の区間の各々の長さに決定する。 30

【0105】

なお、分割部2110は、複数の区間のうち隣り合う区間の境界領域に重複する部分を設けてもよい。図10ではわかりやすくするために、区間の境界における重複部分の長さをサンプル1個分としたが、重複部分の長さを更に多くしてもよい。このように重複部分を設ければ、円弧フィッティングで得られる複数の円弧を、互いに連続した滑らかな曲線とすることができる。

【0106】

フィッティング部2111は、図10に示すとおり、区間s1に属する時系列データと、区間s2に属する時系列データと、区間s3に属する時系列データと、区間s4に属する時系列データとを、それぞれ円弧へフィッティング（円弧フィッティング）する。なお、円弧フィッティングの詳細は後述する。 40

【0107】

以下、図10に示すとおり、区間s1に属する時系列データにフィットする円弧をa1とおき、区間s2に属する時系列データにフィットする円弧をa2とおき、区間s3に属する時系列データにフィットする円弧をa3とおき、区間s4に属する時系列データにフィットする円弧をa4とおく。

【0108】

そして、フィッティング部2111は、円弧a1の中心位置（円弧中心）z1、円弧a1の半径（円弧半径）r1、円弧a2の中心位置（円弧中心）z2、円弧a2の半径（円 50

弧半径) r_2 、円弧 a_3 の中心位置 (円弧中心) z_3 、円弧 a_3 の半径 (円弧半径) r_3 、円弧 a_4 の中心位置 (円弧中心) z_4 、円弧 a_4 の半径 (円弧半径) r_4 を算出する。

【0109】

また、フィッティング部 2111 は、区間ごとの円弧中心 (z_1, z_2, z_3, z_4)、区間ごとの円弧半径 (r_1, r_2, r_3, r_4)、複数の区間についての円弧中心の標準偏差 z 、複数の区間についての円弧半径の標準偏差 r を算出する。

【0110】

なお、以上の円弧フィッティングにより算出された 4 種類の指標、すなわち、区間ごとの円弧中心 (z_1, z_2, z_3, z_4)、区間ごとの円弧半径 (r_1, r_2, r_3, r_4)、円弧中心の標準偏差 z 、円弧半径の標準偏差 r は、スイング解析データ 248 に書き込まれる。

10

【0111】

また、上記 4 種類の指標には、当該円弧フィッティングの条件、すなわち、対象期間 (ここではバックスイングの期間又はダウンスイングの期間)、対象部位 (ここではヘッド)、複数の区間 s_1, s_2, s_3, s_4 の境界を示す情報が対応付けられる。

【0112】

1-7. グローバル座標系の設定

位置算出部 217 は、図 7 に示すとおり、アドレス時 (静止時) のゴルフクラブ 3 のヘッドの位置を原点とし、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) を定義する。そして、位置算出部 217 は、各指標値を算出するために、センサーユニット 10 の計測データ (加速度データ及び角速度データ) を用いて、XYZ 座標系 (グローバル座標系) における、アドレス時からのセンサーユニット 10 の位置及び姿勢を時系列に算出する。

20

【0113】

1-8. センサーユニットの位置及び姿勢の算出

ユーザー 2 が図 3 のステップ S4 の動作を行うと、まず、位置算出部 217 は、加速度センサー 12 が計測した加速度データの変化量が所定時間継続して閾値を超えない場合に、ユーザー 2 がアドレス姿勢で静止していると判定する。次に、位置算出部 217 は、当該所定時間内の計測データ (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、位置算出部 217 は、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 (図 3 のステップ S6 の動作中) のセンサーユニット 10 の位置及び姿勢を計算する。

30

【0114】

具体的には、まず、位置算出部 217 は、加速度センサー 12 が計測した加速度データ、ゴルフクラブ情報 242 及びセンサー装着位置情報 246 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) を計算する。

【0115】

図 7 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。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 は図 3 のステップ S4 の動作を行うので、グリップエンドの位置 62 やセンサーユニット 10 の初期位置は、その X 座標が 0 であり、YZ 平面上に存在する。図 7 に示すように、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 $1G$ がかかるので、センサーユニット 10 が計測する 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

【0116】

50

【数 1】

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

従って、位置算出部 217 は、アドレス時（静止時）の任意の時刻間内の任意の加速度データを用いて、式（1）より、傾斜角 を算出することができる。

【0117】

次に、位置算出部 217 は、ゴルフクラブ情報 242 に含まれるシャフトの長さ L_1 からセンサー装着位置情報 246 に含まれるセンサーユニット 10 とグリップエンドとの距離 L_{SG} を減算して、センサーユニット 10 とヘッドとの距離 L_{SH} を求める。さらに、位置算出部 217 は、シャフトの傾斜角 により特定される方向（センサーユニット 10 の y 軸の負の方向）にヘッドの位置 61（原点 O）から距離 L_{SH} の位置をセンサーユニット 10 の初期位置とする。

10

【0118】

そして、位置算出部 217 は、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座標を時系列に計算する。

【0119】

また、位置算出部 217 は、加速度センサー 12 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）を計算する。ユーザー 2 は図 3 のステップ S4 の動作を行うので、ユーザー 2 のアドレス時（静止時）には、センサーユニット 10 の x 軸は XYZ 座標系の X 軸と方向が一致し、かつ、センサーユニット 10 の y 軸は YZ 平面上にあるため、位置算出部 217 は、ゴルフクラブ 3 のシャフトの傾斜角 により、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。

20

【0120】

そして、位置算出部 217 は、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）、クォータニオン（四元数）などで表現することができる。

【0121】

30

なお、センサーユニット 10 の信号処理部 16 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 12 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、位置算出部 217 による計測データのバイアス補正が不要となる。

【0122】

1-9. スイング開始、トップ及びインパクトのタイミングの検出

タイミング検出部 216 は、まず、計測データを用いて、ユーザー 2 が打球したタイミング（インパクトのタイミング）を検出する。例えば、タイミング検出部 216 は、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インパクトのタイミング（時刻）を検出してもよい。

40

【0123】

具体的には、まず、タイミング検出部 216 は、角速度データ（時刻 t 毎のバイアス補正された角速度データ）を用いて、各時刻 t での角速度の合成値 $n_0(t)$ の値を計算する。例えば、時刻 t での角速度データを $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ とすると、タイミング検出部 216 は、次の式（2）により、角速度の合成値 $n_0(t)$ を計算する。

【0124】

【数 2】

$$n_0(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2} \cdots (2)$$

50

次に、タイミング検出部 216 は、各時刻 t での角速度の合成値 $n_0(t)$ を所定範囲に正規化（スケール変換）した合成値 $n(t)$ に変換する。例えば、計測データの取得期間における角速度の合成値の最大値を $\max(n_0)$ とすると、タイミング検出部 216 は、次の式 (3) により、角速度の合成値 $n_0(t)$ を 0 乃至 100 の範囲に正規化した合成値 $n(t)$ に変換する。

【0125】

【数3】

$$n(t) = \frac{100 \times n_0(t)}{\max(n_0)} \dots (3)$$

10

次に、タイミング検出部 216 は、各時刻 t での正規化後の合成値 $n(t)$ の微分 $dn(t)$ を計算する。例えば、3軸角速度データの計測周期を t とすると、スイング解析部 211 は、次の式 (4) により、時刻 t での角速度の合成値の微分（差分） $dn(t)$ を計算する。

【0126】

【数4】

$$dn(t) = n(t) - n(t - \Delta t) \dots (4)$$

20

次に、タイミング検出部 216 は、合成値の微分 $dn(t)$ の値が最大となる時刻と最小となる時刻のうち、先の時刻をインパクトの時刻 t_{impact} （インパクトのタイミング）として検出する。通常のゴルフスイングでは、インパクトの瞬間にスイング速度が最大になると考えられる。そして、スイング速度に応じて角速度の合成値の値も変化すると考えられるので、タイミング検出部 216 は、一連のスイング動作の中で角速度の合成値の微分値が最大又は最小となるタイミング（すなわち、角速度の合成値の微分値が正の最大値又は負の最小値になるタイミング）をインパクトのタイミングとして捉えることができる。なお、インパクトによりゴルフクラブ 3 が振動するため、角速度の合成値の微分値が最大となるタイミングと最小となるタイミングが対になって生じると考えられるが、そのうちの先のタイミングがインパクトの瞬間と考えられる。

30

【0127】

次に、タイミング検出部 216 は、インパクトの時刻 t_{impact} よりも前で合成値 $n(t)$ が 0 に近づく極小点の時刻をトップの時刻 t_{top} （トップのタイミング）として検出する。通常のゴルフスイングでは、スイング開始後、トップで一旦動作が止まり、その後、徐々にスイング速度が大きくなってインパクトに至ると考えられる。従って、タイミング検出部 216 は、インパクトのタイミングより前で角速度の合成値が 0 に近づく極小となるタイミングをトップのタイミングとして捉えることができる。

【0128】

次に、タイミング検出部 216 は、トップの時刻 t_{top} の前後で合成値 $n(t)$ が所定の閾値以下の区間をトップ区間とし、トップ区間の開始時刻より前で合成値 $n(t)$ が所定の閾値以下となる最後の時刻をスイング開始（バックスイング開始）の時刻 t_{start} として検出する。通常のゴルフスイングでは、静止した状態からスイング動作を開始し、トップまでにスイング動作が止まることは考えにくい。従って、タイミング検出部 216 は、トップ区間より前で角速度の合成値が所定の閾値以下となる最後のタイミングをスイング動作の開始のタイミングとして捉えることができる。なお、タイミング検出部 216 は、トップの時刻 t_{top} よりも前で、合成値 $n(t)$ が 0 に近づく極小点の時刻をスイング開始の時刻 t_{start} として検出してもよい。

40

【0129】

なお、タイミング検出部 216 は、3軸加速度データを用いても、同様に、スイング開始、トップ、インパクトの各タイミングを検出することができる。

50

【0130】

1-10. シャフトプレーンの特定

本実施形態では、簡単のため、シャフトプレーンSPのサイズ形状は考慮しないものとする。サイズ形状を考慮しない場合、前述した傾斜角 によってシャフトプレーンSPを特定することができる。

【0131】

具体的には、シャフトプレーンSPは、図8に示すとおり、ユーザー2のスイング開始前のアドレス時（静止状態）において、ターゲットライン（打球の目標方向。第1軸の一例）と、ゴルフクラブ3のシャフトの長軸方向の軸（シャフトの中心軸。第2軸の一例）と、を含む仮想平面として特定することができる。言い換えると、シャフトプレーンSPは、XY平面をX軸の回りに前述した傾斜角 だけ回転させてできる仮想平面として特定することができる。

10

【0132】

1-11. スイング解析データの表示画面

図11は、円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の一例（対象期間はバックスイング）である。図11の表示画面は、例えば表示部25に表示される画面である。なお、図11の表示画面に表示された指標の少なくとも一部は、音出力部26から出力される音などによりユーザー2へ提示されてもよい（図12、図16、図16、図18においても同様）。

【0133】

図11に示す表示画面300は、シャフトプレーンSPを正面から見たとき（ユーザー2の前上方から見たとき）の各指標を表している。

20

【0134】

図11に示すとおり、表示画面300には、円弧フィッティングの対象期間の名称を示すテキストイメージ301と、区間 s_1 , s_2 , s_3 , s_4 の各々の円弧を示す曲線イメージ302と、円弧中心 z_1 , z_2 , z_3 , z_4 の各々示すドットイメージと、円弧半径 r_1 , r_2 , \dots の各々を示す線分イメージと、円弧中心 z_1 , z_2 , z_3 , z_4 の標準偏差 z を示すテキストイメージ305と、円弧半径 r_1 , r_2 , r_3 , r_4 の標準偏差 r を示すテキストイメージ306とが配置されている。なお、第 n 区間 s_n の円弧半径 r_n を示す線分イメージは、第 n 区間 s_n の境界から第 n 区間の円弧中心 z_n へ至る線分として描かれている。

30

【0135】

このうち、区間 s_1 , s_2 , s_3 , s_4 の各々の円弧を示す曲線イメージ302は、シャフトプレーンSPに投影されたヘッドの軌跡の概要を示している。前述したとおり隣り合う区間の境界には重複部分が設けられたので、個々の円弧の境界は連続しており、曲線イメージ302は滑らかである。

【0136】

ここで、バックスイングにおけるヘッドの軌跡がシャフトプレーンSPに沿っており、バックスイングの動きがユーザー2の肘又は手首の関節の曲げに依存していない場合は、シャフトプレーンSPに投影されるヘッドの軌跡は同心円を描くと考えられる。

40

【0137】

その反対に、バックスイングにおけるヘッドの軌跡がシャフトプレーンSPに沿っておらず、バックスイングの動きがユーザー2の肘又は手首の関節の曲げに依存していた場合は、シャフトプレーンSPに投影されるヘッドの軌跡は同心円を描かないと考えられる。

【0138】

また、バックスイングの動きがユーザー2の肘又は手首の関節の曲げに依存していない場合であっても、バックスイング中にユーザー2の身体の重心移動が生じた場合、例えば、ユーザー2の腰がターゲット方向に移動（スエー）したり、ユーザー2がバックスイング中に膝を曲げたりした場合は、シャフトプレーンSPに投影されるヘッドの軌跡は同心円を描かない可能性が高い。

50

【0139】

そこで、ユーザー2は、図11の表示画面に表示された曲線イメージ302が同心円状であったならば、シャフトプレーンSPに投影されるヘッドの軌跡は同心円を描いており、自分のバックスイングが良好であったと推測することができる。

【0140】

なお、重心移動のうちスエーは必ずしも悪くはないが、本実施形態では、肘又は手首の関節の曲げに依存せず、かつ、重心移動の無いバックスイングを、基本的に良好なバックスイングとする。

【0141】

また、ユーザー2は、図11の表示画面に表示された円弧中心 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 のばらつきが小さいほど、当該軌跡の同心円度が高い、すなわち自分のバックスイングが優れている、と推測することができる。

10

【0142】

また、ユーザー2は、図11の表示画面に表示された円弧中心 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 の配列方向がターゲット方向であるならば、バックスイング中にスエーが発生したことを認識することができる。また、ユーザー2は、円弧中心 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 の配列範囲が大きいほど、スエーが大きかったと判断することができる。

【0143】

また、ユーザー2は、図11の表示画面に表示された円弧半径 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 のばらつきが小さいほど、当該軌跡の真円度が高いと判断することができる。

20

【0144】

また、図11の表示画面では、第 n 区間 s_n の円弧半径 r_n は、第 n 区間 s_n の境界と第 n 区間の円弧中心 z_n とを結ぶ線分イメージで表されているので、ユーザー2は、区間 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 の境界がどの辺りに位置するのかを直感的に把握することができる。

【0145】

また、図11の表示画面では、円弧中心 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 の標準偏差 z を示すテキストイメージ305が表示されているので、ユーザー2は、円弧中心 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 のばらつきを定量的に把握することができる。

【0146】

また、図11では、円弧半径 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 の標準偏差 r を示すテキストイメージ306が表示されているので、ユーザー2は、円弧半径 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 のばらつきを定量的に把握することができる。

30

【0147】

図12は、円弧フィッティングで算出された指標を含むスイング解析データの表示画面の一例(対象期間はダウンスイング)である。図12において、図11との相違点は、円弧フィッティングの対象期間のみであり、指標の表示態様については、図11の表示態様と同じである。

【0148】

なお、図11、図12では、ヘッドの軌跡の概要として、区間ごとの円弧(曲線イメージ302)を表示しているが、シャフトプレーンSPに投影された時系列データ(投影部219が生成したものを)を離散的な点としてプロットしたイメージを表示してもよい(後述する図15、図16、図8についても同様)。

40

【0149】

1-12.ヘッドの位置の算出

位置算出部217は、ゴルフクラブ3のヘッドの位置を以下のとおり算出する。なお、ここでは、ヘッドの位置と共にグリップの位置を算出する場合を例に挙げて説明する。

【0150】

位置算出部217は、スイング開始の時刻 t_{start} からインパクトの時刻 t_{impact} までの各時刻 t におけるセンサーユニット10の位置及び姿勢を用いて、各時刻 t

50

におけるヘッドの位置及びグリップエンドの位置を計算する。具体的には、位置算出部 217 は、各時刻 t において、センサーユニット 10 の位置から、センサーユニット 10 の姿勢により特定される y 軸の正の方向に距離 L_{SH} だけ離れた位置をヘッドの位置とし、ヘッドの位置の座標を計算する。前述の通り、距離 L_{SH} は、センサーユニット 10 とヘッドとの距離である。また、スイング解析部 211 は、各時刻 t において、センサーユニット 10 の位置から、センサーユニット 10 の姿勢により特定される y 軸の負の方向に距離 L_{SG} だけ離れた位置をグリップエンドの位置とし、グリップエンドの位置の座標を計算する。前述の通り、距離 L_{SG} は、センサーユニット 10 とグリップエンドとの距離である。

【0151】

1-13. ハーフウェイバック及びハーフウェイダウンの検出

本実施形態では、円弧フィッティングの対象期間をバックスイングの期間及びダウンスイングの期間としたので、ハーフウェイバックのタイミング及びハーフウェイダウンのタイミングを検出することは必須ではないが、対象期間の先頭又は後尾がハーフウェイバック又はハーフウェイダウンである場合には、以下の検出が必要となる。

【0152】

タイミング検出部 216 は、ヘッドの位置の座標とグリップエンドの位置の座標とを用いて、ハーフウェイバックのタイミングとハーフウェイダウンのタイミングを検出することもできる。具体的には、タイミング検出部 216 は、スイング開始の時刻 t_{start} からインパクトの時刻 t_{impact} までの各時刻 t におけるヘッドの位置の Z 座標とグリップエンドの位置の Z 座標との差分 Z を計算する。そして、タイミング検出部 216 は、スイング開始の時刻 t_{start} からトップの時刻 t_{top} までの間で Z の符号が反転する時刻 t_{HWB} をハーフウェイバックのタイミングとして検出する。また、タイミング検出部 216 は、トップの時刻 t_{top} からインパクトの時刻 t_{impact} までの間で Z の符号が反転する時刻 t_{HWD} をハーフウェイダウンのタイミングとして検出する。

【0153】

1-14. 円弧フィッティング

フィッティング部 2111 は、例えば以下の手順で円弧フィッティングを行う。

【0154】

まず、フィッティング部 2111 は、シャフトプレーン SP 上に XY 座標系を定義し、フィッティングに用いる円（円弧）を以下の式（5）で定義する。

【0155】

【数5】

$$X^2 + Y^2 + AX + BY + C = 0 \dots (5)$$

なお、シャフトプレーン SP における XY 座標系の採り方は、任意である（つまり、シャフトプレーン SP における XY 座標は、前述したグローバル座標系とは独立に設定することができる）。

【0156】

円弧フィッティングでは、対象期間に属する時系列データ、すなわち、対象期間の各時点におけるヘッドの位置の座標を、シャフトプレーン SP における XY 座標（ X_i, Y_i ）（ $i = 1, 2, \dots$ ）で表してから以下の式（6）の左辺へ当てはめ、式（6）の左辺がゼロに最も近くなるような係数 A, B, C の値を見出し、その係数 A, B, C で特定される円弧を、フィッティング結果（時系列データにフィットする円弧）とすればよい。因みに、式（6）によるフィッティングは、最小自乗法によるフィッティング（最小自乗フィッティング）である。

【0157】

10

20

30

40

【数 6】

$$\sum (X_i^2 + Y_i^2 + AX_i + BY_i + C)^2 = 0 \dots (6)$$

ここで、式(6)をA, B, Cで偏微分すると、式(7)のような連立方程式が得られる。

【0158】

【数 7】

$$\begin{pmatrix} \sum X_i^2 & \sum X_i Y_i & \sum X_i \\ \sum X_i Y_i & \sum Y_i^2 & \sum Y_i \\ \sum X_i & \sum Y_i & \sum 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sum (X_i^3 + X_i Y_i^2) \\ -\sum (X_i^2 Y_i + Y_i^3) \\ -\sum (X_i^2 + Y_i^2) \end{pmatrix} \dots (7)$$

10

よって、この連立方程式を解けば、係数A, B, Cの値を一義的に算出することができる。

【0159】

一方、シャフトプレーンSP上のXY座標系における円(円弧)は、円弧中心の位置座標を (X_0, Y_0) とおき、円弧半径をrとおくと、以下の式(8)で表される。

20

【0160】

【数 8】

$$(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = r^2 \dots (8)$$

以上の式(5)、式(8)より、前述した係数A, B, Cと円弧中心の位置座標 (X_0, Y_0) 及び円弧半径rとの間には、以下の関係があることがわかる。

【0161】

【数 9】

$$\begin{aligned} X_0 &= -\frac{A}{2} \\ Y_0 &= -\frac{B}{2} \end{aligned} \dots (9)$$

30

$$r = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 - C}$$

そこで、フィッティング部2111は、先ず、対象期間の時系列データ、すなわち、対象期間の各時点におけるヘッドの位置座標 (X_i, Y_i) ($i = 1, 2, \dots$)を、式(7)へ当てはめることによって連立方程式を生成し、当該連立方程式を解くことにより、係数A, B, Cの値を既知する。

40

【0162】

次に、フィッティング部2111は、既知となった係数A, B, Cの値を式(9)へ代入することにより、円弧中心の位置座標 (X_0, Y_0) 及び円弧半径rを算出する。

【0163】

1-15. スイング解析処理のフロー

図13は、処理部21によるスイング解析処理の手順の一例を示すフローチャート図である。処理部21は、記憶部24に記憶されているスイング解析プログラム240を実行

50

することにより、例えば、図13のフローチャートの手順でスイング解析処理を実行する。以下、図13のフローチャートについて説明する。

【0164】

ステップS10：処理部21は、ユーザー2による計測開始操作が行われるまで待機し（S10のN）、計測開始操作が行われると（S10のY）、次のステップS12へ移行する。

【0165】

ステップS12：処理部21は、センサーユニット10に計測開始コマンドを送信し、センサーユニット10から計測データの取得を開始する。

【0166】

ステップS14：処理部21は、ユーザー2にアドレス姿勢をとるように指示する。ユーザー2は、この指示に従い、アドレス姿勢をとって静止する。

【0167】

ステップS16：処理部21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の静止状態を検出するまで待機し（S16のN）、静止状態を検出すると（S16のY）、ステップS18へ移行する。

【0168】

ステップS18：処理部21は、ユーザー2にスイング開始の許可を通知する。処理部21は、例えば、所定の音を出力し、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にスイング開始の許可を通知し、ユーザー2は、この通知を確認した後にスイング動作を開始する。処理部21は、ユーザー2のスイング動作の終了後に、あるいは、スイング動作の終了前から、ステップS20以降の処理を行う。

【0169】

ステップS20：処理部21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の静止時（アドレス時）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。

【0170】

ステップS22：処理部21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、スイング開始、トップ及びインパクトのタイミングを検出する。

【0171】

ステップS24：処理部21は、ステップS22の処理と並行して、あるいは前後して、ユーザー2のスイング動作中のセンサーユニット10等の位置と姿勢を計算する。なお、本実施形態の本ステップS24では、円弧フィッティングの対象部位であるヘッドの位置なども計算される。

【0172】

ステップS26：処理部21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の静止時（アドレス時）における計測データ）を用いて、シャフトプレーンSPを特定する。

【0173】

ステップS28：処理部21は、バックスイングの期間を対象期間とした円弧フィッティング処理を実行する。円弧フィッティング処理のフローについては、後述する。

【0174】

ステップS30：処理部21は、ダウンスイングの期間を対象期間とした円弧フィッティング処理を実行する。円弧フィッティング処理のフローについては、後述する。

【0175】

ステップS32：処理部21は、ステップS28、S30における円弧フィッティングで算出された指標と当該円弧フィッティングの条件とを含むスイング解析データを保存・表示する。そして、処理部21は、スイング解析処理のフローを終了する。

【0176】

10

20

30

40

50

なお、図 1 3 のフローチャートにおいて、可能な範囲で各ステップの順番を適宜変えてもよいし、一部のステップを削除あるいは変更してもよいし、他のステップを追加してもよい。

【 0 1 7 7 】

1 - 1 6 . 円弧フィッティング処理のフロー

図 1 4 は、処理部 2 1 による円弧フィッティング処理（スイング解析方法の一例）の手順の一例を示すフローチャート図である。処理部 2 1 は、記憶部 2 4 に記憶されている円弧フィッティングプログラム 2 4 9 を実行することにより、例えば、図 1 4 のフローチャートの手順で円弧フィッティング処理を実行する。以下、図 1 4 のフローチャートについて説明する。

10

【 0 1 7 8 】

ステップ S 5 1 : 処理部 2 1 は、ヘッドの位置の時系列データから対象期間の時系列データを抽出し、抽出した時系列データのサンプル数を削減する。例えば、小区間ごとの平均位置又は代表位置を削減後のサンプルとする。

【 0 1 7 9 】

ステップ S 5 2 : 処理部 2 1 は、対象期間の位置の時系列データをシャフトプレーンへ投影する。

【 0 1 8 0 】

ステップ S 5 3 : 処理部 2 1 は、時系列データのうち、隣り合う位置同士の距離の和 L を算出する。

20

【 0 1 8 1 】

ステップ S 5 4 : 処理部 2 1 は、和 L を区間数 N （例えば 4）で除した値を区間の長さ l に決定し、時系列データを N 個の区間に分割する。

【 0 1 8 2 】

ステップ S 5 5 : 処理部 2 1 は、区間番号 n を初期値（1）に設定する。

【 0 1 8 3 】

ステップ S 5 6 : 処理部 2 1 は、第 n 区間の時系列データを円弧にフィッティングし、第 n 区間の円弧中心 z_n 及び円弧半径 r_n を算出する。

【 0 1 8 4 】

ステップ S 5 7 : 処理部 2 1 は、区間番号 n が区間数 N に達したか否かを判定し、達した場合（S 5 7 Y）にはステップ S 6 0 へ移行し、達していない場合（S 5 7 N）にはステップ S 5 8 へ移行する。

30

【 0 1 8 5 】

ステップ S 5 8 : 処理部 2 1 は、区間番号 n を 1 だけ増加させ、ステップ S 5 6 へ以降する。

【 0 1 8 6 】

ステップ S 6 0 : 処理部 2 1 は、 N 個の区間の円弧中心 z_1 、 z_2 、 \dots 、 z_N の標準偏差 σ_z と、 N 個の区間の円弧半径 r_1 、 r_2 、 \dots 、 r_N の標準偏差 σ_r とを算出し、フローを終了する。

【 0 1 8 7 】

40

なお、図 1 4 のフローチャートにおいて、可能な範囲で各ステップの順番を適宜変えてもよいし、一部のステップを削除あるいは変更してもよいし、他のステップを追加してもよい。例えば、ステップ S 5 1 を削除してもよい。

【 0 1 8 8 】

2 . 実施形態の変形例

なお、上述した実施形態の表示画面では、図 1 5、図 1 6 に示すとおり、第 n 区間の円弧半径 r_n が大きいほど円弧中心 z_n を示すドットマークのサイズを大きく表示してもよい。この場合、ユーザー 2 は、表示されたドットマークのサイズによって円弧半径の大きさを把握することができる。このような図 1 5、図 1 6 に示す表示画面では、円弧半径 r_n を示す線分の表示を仮に省略したとしても、円弧半径 r_n のおよその大きさをユーザ

50

ー 2 が把握することが可能である。なお、図 1 5、図 1 6 において図 1 1 と同じ要素には同一の符号を付して示した。

【 0 1 8 9 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、バックスイングについての円弧フィッティング結果とダウンスイングについての円弧フィッティング結果とを別画面で表示させたが（図 1 1、図 1 2）、同一の画面で表示させてもよい。その場合、ユーザー 2 は、バックスイングの指標とダウンスイングの指標とを比較することができる。

【 0 1 9 0 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、バックスイング又はダウンスイングの期間を対象期間に設定して区間ごとの円弧フィッティングを行ったが、スイング全体の期間を対象期間に設定して区間ごとの円弧フィッティングを行ってもよい。また、その場合、バックスイングの期間及びダウンスイングの期間の各々を単一の区間に設定してもよい。

10

【 0 1 9 1 】

因みに、スイング全体の期間を対象期間に設定し、かつ、バックスイングの期間及びダウンスイングの期間の各々を単一の区間に設定した場合、表示画面は、例えば図 1 8 に示すとおりとなる。図 1 8 の表示画面において符号 s 1 で示すのが先頭の区間（バックスイングの期間）の軌跡であり、符号 s 2 で示すのが後続の区間（ダウンスイングの期間）の軌跡である。なお、図 1 8 において図 1 1 と同じ要素には同一の符号を付して示した。

【 0 1 9 2 】

また、スイング全体の期間を対象期間に設定し、かつ、バックスイングの期間及びダウンスイングの期間の各々を単一の区間に設定する場合、処理部 2 1 は、図 1 3 に示すフローの代わりに例えば図 1 7 に示すフローを実行すればよい。図 1 7 において図 1 3 に示す要素と同一の要素には同一の符号を付した。

20

【 0 1 9 3 】

図 1 7 に示すフローは、図 1 3 に示すフローにおいて、ステップ S 2 8、S 3 0 の代わりにステップ S 2 8'、S 3 0'、S 6 0' を実行するものである。ステップ S 2 8'、ステップ S 3 0'、S 6 0' は、以下のとおりである。

【 0 1 9 4 】

ステップ S 2 8'：処理部 2 1 は、バックスイングの期間を対象期間に設定し、かつ区間数 N を 1 に設定して円弧フィッティング処理を実行する。これによって、バックスイングの期間を 1 区間とした円弧中心及び円弧半径が求まる。

30

【 0 1 9 5 】

ステップ S 3 0'：処理部 2 1 は、ダウンスイングの期間を対象期間に設定し、かつ区間数 N を 1 に設定して円弧フィッティング処理を実行する。これによって、ダウンスイングの期間を 1 区間とした円弧中心及び円弧半径が求まる。

【 0 1 9 6 】

ステップ S 6 0'：処理部 2 1 は、バックスイングの期間の円弧中心及びダウンスイングの期間の円弧中心の標準偏差 z と、バックスイングの期間の円弧半径及びダウンスイングの期間の円弧半径の標準偏差 r とを算出し、フローを終了する。

【 0 1 9 7 】

40

3. 実施形態の補足

3-1. 対象部位についての補足

上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象部位を、ゴルフクラブ 3 のヘッドとしたが、ゴルフクラブ 3 の他の部位、例えば、グリップ、グリップエンド、グリップエンドとグリップとの中間位置としてもよいし、ユーザー 2 の身体の部位、例えば、手元、手首、上腕、下腕、肩などとしてもよい。

【 0 1 9 8 】

また、円弧フィッティングの対象部位をユーザー 2 の身体の部位とする場合は、センサーユニット 1 0 の装着先を、ユーザー 2 の身体の何れかの部位としてもよい。

【 0 1 9 9 】

50

また、処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象部位の数を 1 に制限してもよいし、複数としてもよい。

【 0 2 0 0 】

3 - 2 . 対象期間についての補足

上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象期間を、バックスイングの期間とダウンスイングの期間との組み合わせとしたが、他の組み合わせとしてもよい。また、円弧フィッティングの対象期間の数は、2 に限定されることはなく、1 又は 2 以上であってもよい。

【 0 2 0 1 】

例えば、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象期間を、バックスイングの期間、ダウンスイングの期間、スイング全体の期間（スイング開始からインパクトまでの期間）、スイング開始からーフウェイバックまでの期間、ーフウェイダウンからインパクトまでの期間のうち何れか 1 つ又は 2 以上の期間としてもよい。

【 0 2 0 2 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象期間の少なくとも 1 つを、他の期間としてもよい。例えば、トップ近傍の狭い期間、インパクト直前の狭い期間、スイング開始直後の狭い期間としてもよい。

【 0 2 0 3 】

3 - 3 . 指標についての補足

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングで算出する指標を、区間ごとの円弧中心、区間ごとの円弧半径、円弧中心の標準偏差、円弧半径の標準偏差、としたが、これら 5 つの指標の一部の算出を省略してもよいし、他の指標を加えてもよい。

【 0 2 0 4 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧中心の標準偏差に加えて又は標準偏差の代わりに、円弧中心の分布範囲、円弧中心の最大差、円弧中心の平均絶対偏差など、ばらつきを定量的に示す他の指標を算出してもよい。また、ばらつきの中心を示す指標として、円弧中心の平均位置を算出してもよい。

【 0 2 0 5 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧半径の標準偏差に加えて又は標準偏差の代わりに、円弧半径の分布範囲、円弧半径の最大差、円弧半径の平均絶対偏差など、ばらつきを定量的に示す他の指標を算出してよい。また、ばらつきの中心を示す指標として、円弧半径の平均値を算出してもよい。

【 0 2 0 6 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングで算出した少なくとも 1 つの指標に基づきスイング診断結果を取得し、当該診断結果をスイング解析データに盛り込んでもよい。

【 0 2 0 7 】

3 - 4 . ユーザー指定についての補足

上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象部位をユーザー 2 に指定させてもよいし、提示対象とすべき部位をユーザー 2 に指定させてもよい。

【 0 2 0 8 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象期間をユーザー 2 に指定させてもよいし、提示対象とすべき期間をユーザー 2 に指定させてもよい。

【 0 2 0 9 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの対象期間における区間数 N の値を、ユーザー 2 に指定させてもよい。

【 0 2 1 0 】

また、上述した実施形態の処理部 2 1 は、円弧フィッティングの結果として算出すべき指標をユーザー 2 に指定させてもよいし、提示対象とすべき指標をユーザー 2 に指定させてもよい。

10

20

30

40

50

【0211】

なお、ユーザー2による各種の指定は、例えば、操作部23を介して行われる。また、ユーザー2による指定内容は、例えば操作部23を介してスイング解析装置20へ入力され、処理部21によって認識される。

【0212】

3-5. その他の補足

上述した実施形態では、時系列データの投影先となる仮想平面（基準面）を、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における前記運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される第1平面（いわゆるシャフトプレーン）としたが、前記第1軸を含み前記第1平面に対して所定の角度を成す第2平面（いわゆるホーガンプレーン）としてもよいし、前記第1平面に平行な第3平面（ショルダープレーン）としてもよい。

10

【0213】

また、複数の円弧、中心、半径の少なくとも何れかをこれらのプレーンの少なくとも何れかに重なるように表示させてもよい。

【0214】

また、上述した実施形態の処理部21は、円弧フィッティングをシャフトプレーンSP内、すなわち二次元平面内（XY座標系内）で行ったが、三次元空間内で行ってもよい。その場合、処理部21は、指標として、円弧の存在する平面の法線と平行であって円弧の中心を通る軸（回転軸）を算出してもよい。また、その場合、処理部21は、対象期間における回転軸のばらつきとして、対象期間における回転軸の移動方向、移動量、傾斜量、傾斜方向の少なくとも何れかを算出・提示してもよい。

20

【0215】

4. 実施形態の作用効果

(1) 実施形態に係るスイング解析装置は、スイングにより運動する部位（ヘッド、グリップ、グリップエンド、グリップエンドとグリップとの中間位置、手元、手首、上腕、下腕、肩など）の位置の時系列データを取得する取得部（位置算出部）と、打球の目標方向に沿った第1軸（ターゲットライン）と前記スイングの開始前における運動具（ゴルフクラブ）の長手方向に沿った第2軸（シャフトの中心軸）とで特定される仮想平面（シャフトプレーン）へ前記時系列データを投影する投影部と、投影された前記時系列データを複数の区間に分割する分割部と、前記時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング部と、を含む。

30

【0216】

従来、スイングプレーンにおけるスイング軌跡の中心及び半径のぶれを指標として算出する技術はあったが、この指標には、スイングプレーン自体の姿勢の良否は反映されない。

【0217】

しかし、上記実施形態に係るフィッティング部がフィッティングの対象とする時系列データは、スイングプレーンに投影されたものではなく、前記仮想平面（シャフトプレーン）に投影されたものなので、フィッティング部が算出する指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイングプレーンの姿勢の良否が反映されることが考えられる。

40

【0218】

具体的には、スイングプレーンの姿勢が不適切である場合、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形（ここでは「円形」には同心円と真円との双方が含まれるとする。）から外れ、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは大きくなる傾向にある。一方、スイングプレーンの姿勢が適切である場合には、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形に近づき、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは小さくなる傾向にある。

【0219】

50

従って、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映される。よって、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことも可能である。

【0220】

（2）実施形態に係るスイング解析装置において、前記分割部は、前記複数の区間のうち隣り合う区間の境界領域に重複する部分を設ける（S54）。

【0221】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、複数の区間の円弧を連続した曲線とすることができる。この曲線は、スイング軌跡の概要を表す。

【0222】

（3）実施形態に係るスイング解析装置において、前記分割部は、前記複数の区間の空間的な長さを同等に設定する（S54）。

【0223】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、複数の区間の各々の円弧の長さを均一に近づけることができる。因みに、スイング中の前記部位の速度は均一ではないので、仮に、前記複数の区間の時間的な長さを同等に設定した場合は、複数の区間の各々の円弧の長さが著しく不均一になる可能性がある。

【0224】

（4）実施形態に係るスイング解析装置において、前記分割部は、前記投影後の時系列データのうち、隣り合う位置の間隔の和を所定数で除算することにより、前記複数の区間の各々の長さを決定する（S53、S54）。

【0225】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、複数の区間の空間的な長さを確実に同等にすることができる。

【0226】

（5）実施形態に係るスイング解析装置において、前記フィッティング部は、前記フィッティングに最小自乗法を適用する（S56）。

【0227】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、フィッティングに公知の手法を利用して確実性を高めることができる。

【0228】

（6）実施形態に係るスイング解析装置において、前記取得部（位置算出部）は、前記時系列データに含まれる位置のサンプル数を削減する（S51）。

【0229】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、投影、分割、フィッティングなどの処理に要する演算量を削減することができる。

【0230】

（7）実施形態に係るスイング解析装置は、複数の区間の前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れか（ドットイメージ、線分イメージなど）を区間ごとに提示する提示部（表示部、音出力部）を更に含む。

【0231】

前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかの区間によるばらつきが小さいほど、スイング軌跡が良好であると考えられる。従って、実施形態に係るスイング解析装置は、スイング軌跡の良否を具体的に提示できる。また、実施形態に係るスイング解析装置は、円弧の中心及び半径の少なくとも何れかが時間経過に伴ってどのように変化したかを提示することもできる。

【0232】

（8）実施形態に係るスイング解析装置において、前記提示部（表示部、音出力部）は、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかの標準偏差（テキストイメージ）を提示する

10

20

30

40

50

。

【0233】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかのばらつきを定量的に提示できる。

【0234】

(9) 実施形態に係るスイング解析装置において、前記提示部(表示部、音出力部)は、前記円弧を表す曲線(曲線イメージ)を提示する。

【0235】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、スイング軌跡の概要を提示できる。

【0236】

(10) 実施形態に係るスイング解析装置において、前記提示部(表示部、音出力部)は、前記複数の区間のうち少なくとも1つの区間の境界から前記区間の円弧の中心へ至る線分を前記円弧の半径として表示する。

【0237】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、区間の境界の提示と区間の円弧半径の提示とを共通の線分により行うことができる。

【0238】

(11) 実施形態に係るスイング解析装置において、前記時系列データは、前記スイングの開始からインパクトまでの時系列データ、前記スイングの開始からトップまでの時系列データ、前記トップから前記インパクトまでの時系列データのうち少なくとも何れかである(実施形態の補足において例示した対象期間を参照)。

【0239】

従って、実施形態に係るスイング解析装置は、フィッティングの対象又は提示の対象を、スイングの所定タイミングから別の所定タイミングまでの期間に設定することができる。

。

【0240】

(12) 実施形態に係るスイング解析装置において、前記時系列データ及び前記仮想平面(シャフトプレーン)の少なくとも何れかは、慣性センサー(センサーユニット)の出力に基づき算出される。

【0241】

慣性センサー(センサーユニット)は、スイングにより運動する部位の位置(ヘッド、グリップ、グリップエンド、グリップエンドとグリップとの中間位置、手元、手首、上腕、下腕、肩など)の位置を正確に計測することができる。従って、実施形態に係るスイング解析装置は、スイング映像などに基づき指標を算出する場合と比較して正確に指標を算出することができる。

【0242】

(13) 実施形態に係るスイング解析システムは、実施形態に係るスイング解析装置と、前記慣性センサー(センサーユニット)と、を含む。

【0243】

(14) 実施形態に係るスイング解析方法(円弧フィッティング処理)は、スイングにより運動する部位(ヘッド、グリップ、グリップエンド、グリップエンドとグリップとの中間位置、手元、手首、上腕、下腕、肩など)の位置の時系列データを取得する取得手順(S51)と、打球の目標方向に沿った第1軸(ターゲットライン)と前記スイングの開始前における運動具(ゴルフクラブ)の長手方向に沿った第2軸(シャフト軸)とで特定される仮想平面(シャフトプレーン)へ前記時系列データを投影する投影手順(S52)と、投影された前記時系列データを複数の区間に分割する分割手順(S53、S54)と、前記時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順(S56)と、を含む。

【0244】

従来、スイングプレーンにおけるスイング軌跡の中心及び半径のぶれを指標として算出

10

20

30

40

50

する技術はあったが、この指標には、スイングプレーン自体の姿勢の良否は反映されない。

【0245】

しかし、上記実施形態に係るフィッティング手順（S56）でフィッティングの対象とする時系列データは、スイングプレーンに投影されたものではなく、前記仮想平面（シャフトプレーン）に投影されたものなので、フィッティング手順（S56）で算出する指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイングプレーンの姿勢の良否が反映されると考えられる。

【0246】

具体的には、スイングプレーンの姿勢が不適切である場合、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形（ここでは「円形」には同心円と真円との双方が含まれるとする。）から外れ、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは大きくなる傾向にある。一方、スイングプレーンの姿勢が適切である場合には、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形に近づき、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは小さくなる傾向にある。

10

【0247】

従って、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映される。よって、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことも可能である。

20

【0248】

（15）実施形態に係るスイング解析プログラム（円弧フィッティングプログラム）は、スイングにより運動する部位（ヘッド、グリップ、グリップエンド、グリップエンドとグリップとの中間位置、手元、手首、上腕、下腕、肩など）の位置の時系列データを取得する取得手順（S51）と、打球の目標方向に沿った第1軸（ターゲットライン）と前記スイングの開始前における運動具（ゴルフクラブ）の長手方向に沿った第2軸（シャフトの中心軸）とで特定される仮想平面（シャフトプレーン）へ前記時系列データを投影する投影手順（S52）と、投影された前記時系列データを複数の区間に分割する分割手順（S53、S54）と、前記時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順（S56）と、をコンピューターに実行させることを含む。

30

【0249】

従来、スイングプレーンにおけるスイング軌跡の中心及び半径のぶれを指標として算出する技術はあったが、この指標には、スイングプレーン自体の姿勢の良否は反映されない。

【0250】

しかし、上記実施形態に係るフィッティング手順（S56）でフィッティングの対象とする時系列データは、スイングプレーンに投影されたものではなく、前記仮想平面（シャフトプレーン）に投影されたものなので、フィッティング手順（S56）で算出する指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイングプレーンの姿勢の良否が反映されると考えられる。

40

【0251】

具体的には、スイングプレーンの姿勢が不適切である場合、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形（ここでは「円形」には同心円と真円との双方が含まれるとする。）から外れ、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは大きくなる傾向にある。一方、スイングプレーンの姿勢が適切である場合には、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形に近づき、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは小さくなる傾向にある。

【0252】

従って、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）に

50

は、スイング軌跡の良否が適確に反映される。よって、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことも可能である。

【0253】

(16) 実施形態に係る記録媒体は、スイングにより運動する部位（ヘッド、グリップ、グリップエンド、グリップエンドとグリップとの中間位置、手元、手首、上腕、下腕、肩など）の位置の時系列データを取得する取得手順（S51）と、打球の目標方向に沿った第1軸（ターゲットライン）と前記スイングの開始前における運動具（ゴルフクラブ）の長手方向に沿った第2軸（シャフトの中心軸）とで特定される仮想平面（シャフトプレーン）へ前記時系列データを投影する投影手順（S52）と、投影された前記時系列データを複数の区間に分割する分割手順（S53、S54）と、前記時系列データを区間ごとに円弧へフィッティングし、前記円弧の中心及び半径の少なくとも何れかを区間ごとに算出するフィッティング手順（S56）と、をコンピューターに実行させる。

10

【0254】

従来、スイングプレーンにおけるスイング軌跡の中心及び半径のぶれを指標として算出する技術はあったが、この指標には、スイングプレーン自体の姿勢の良否は反映されない。

【0255】

しかし、上記実施形態に係るフィッティング手順（S56）でフィッティングの対象とする時系列データは、スイングプレーンに投影されたものではなく、前記仮想平面（シャフトプレーン）に投影されたものなので、フィッティング手順（S56）で算出する指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイングプレーンの姿勢の良否が反映されると考えられる。

20

【0256】

具体的には、スイングプレーンの姿勢が不適切である場合、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形（ここでは「円形」には同心円と真円との双方が含まれるとする。）から外れ、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは大きくなる傾向にある。一方、スイングプレーンの姿勢が適切である場合には、当該仮想平面（シャフトプレーン）に投影されるスイング軌跡は円形に近づき、区間による円弧の中心又は半径のばらつきは小さくなる傾向にある。

30

【0257】

従って、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）には、スイング軌跡の良否が適確に反映される。よって、実施形態に係る指標（区間ごとの円弧の中心及び半径の少なくとも何れか）によれば、例えばスイング診断を高精度に行うことも可能である。

【0258】

(17) 本実施形態に係るスイング表示装置（スイング解析装置20）は、スイングによる運動具の所定部位の軌跡に基づく複数の円弧と、前記複数の円弧の各々の中心及び半径の少なくとも何れかとを、前記運動具の静止状態で特定される基準面に重なるように表示する。

40

【0259】

(18) 本実施形態に係るスイング表示装置（スイング解析装置20）において、前記円弧は、前記平面に前記軌跡を投影したときの投影像をフィッティングした曲線である。

【0260】

(19) 本実施形態に係るスイング表示装置（スイング解析装置20）において、前記基準面は、打球の目標方向に沿った第1軸と前記スイングの開始前における前記運動具の長手方向に沿った第2軸とで特定される第1平面（スイングプレーン）、前記第1軸を含み前記第1平面に対して所定の角度を成す第2平面（ホーガンプレーン）、及び前記第1平面に平行な第3平面（ショルダープレーン）の何れかである。

【0261】

50

5. その他の変形例

本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【0262】

例えば、複数のセンサーユニット10をゴルフクラブ3やユーザー2の手首、腕、又は肩などの部位に装着し、スイング解析装置20が当該複数のセンサーユニット10の各々の計測データを用いてスイング解析処理を行ってもよい。

【0263】

また、上記の実施形態では、加速度センサー12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12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12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。

10

【0264】

また、上記の実施形態では、ゴルフクラブ3へ装着されるタイプの慣性センサー（センサーユニット10）を説明したが、慣性センサー（加速度センサー及び角速度センサー）はゴルフクラブ3に内蔵されていてもよい。

【0265】

また、上記の実施形態では、センサーユニット10とスイング解析装置20とが別体であるが、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。また、センサーユニット10が、慣性センサー（例えば、加速度センサー12あるいは角速度センサー14）とともに、スイング解析装置20の一部の構成要素を備えていてもよい。

20

【0266】

つまり、スイング解析装置20の機能の一部又は全部は、センサーユニット10の側に搭載されてもよいし、センサーユニット10の機能の一部は、スイング解析装置20の側に搭載されてもよい。

【0267】

また、スイング解析装置20の機能の一部又は全部は、不図示のネットワークサーバーの側に搭載されてもよい。例えば、スイング解析データを提示する機能（音、画像、振動などでユーザーへ通知する機能）をスイング解析装置20の側に搭載し、スイング解析データを生成する機能をネットワークサーバーの側に搭載してもよい。

30

【0268】

また、上記の実施形態では、ゴルフスイングを解析するスイング解析システムを例に挙げたが、本発明は、テニスや野球などの様々な運動におけるスイングを診断するスイング解析システムに適用することができる。

【0269】

上述した実施形態および変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態および各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【0270】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

40

【符号の説明】

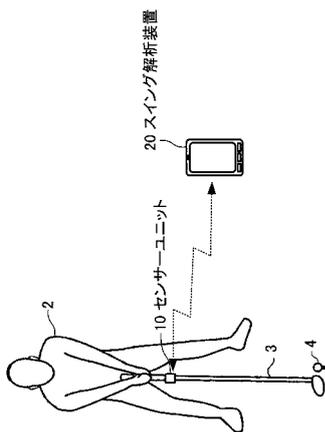
【0271】

1...スイング解析システム、2...ユーザー、3...ゴルフクラブ、4...ゴルフボール、10...センサーユニット、12...加速度センサー、14...角速度センサー、16...信号処理部

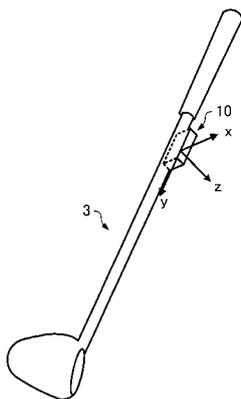
50

、 18 ... 通信部、 20 ... スイング解析装置、 21 ... 処理部、 22 ... 通信部、 23 ... 操作部、 24 ... 記憶部、 25 ... 表示部、 26 ... 音出力部、 216 ... タイミング検出部、 217 ... 位置算出部、 218 ... プレーン特定部、 219 ... 投影部、 2110 ... 分割部、 2111 ... フィッティング部

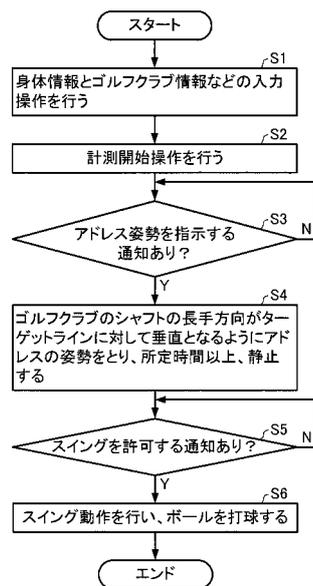
【 図 1 】



【 図 2 】



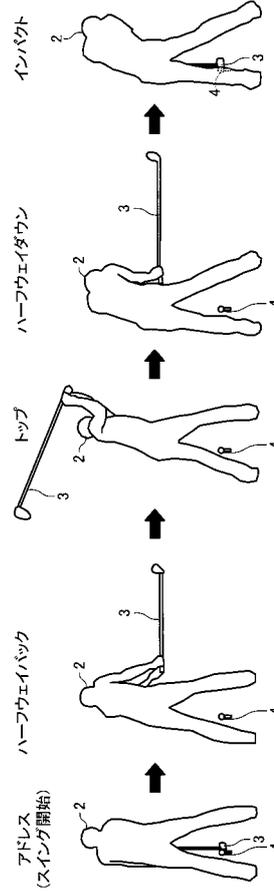
【 図 3 】



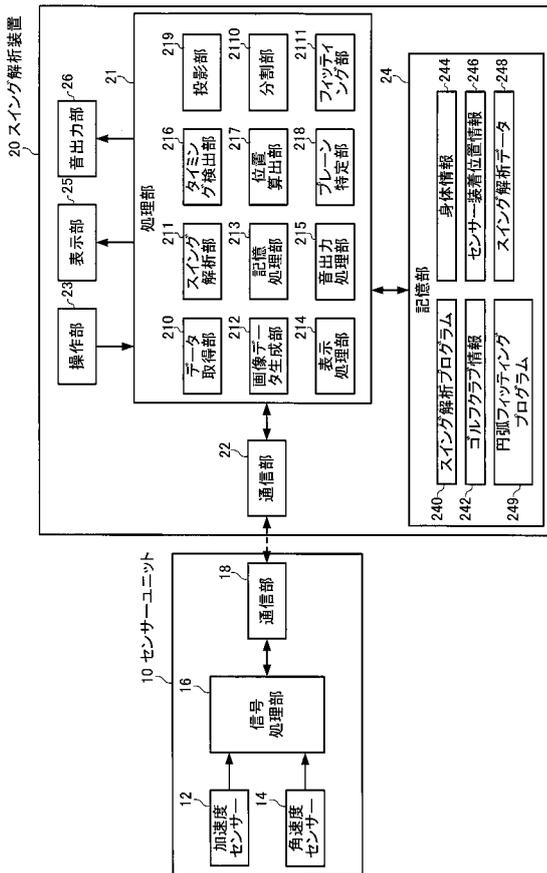
【 図 4 】

身体情報	
身長[cm]	170
性別	● 男 ○ 女
年齢	36
国	日本
ゴルフクラブ情報	
クラブ長[cm]	115
番手	1W

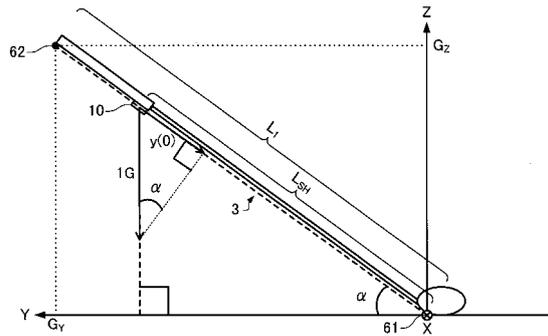
【 図 5 】



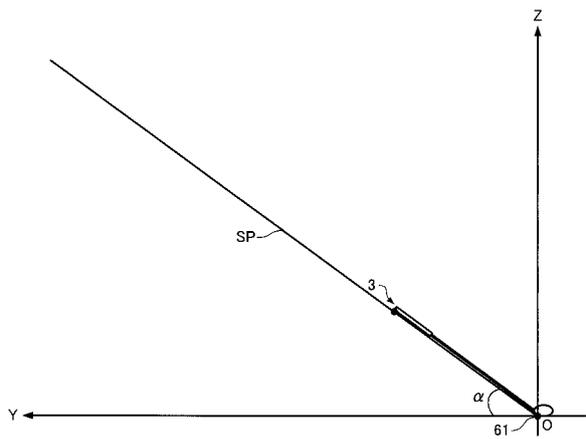
【 図 6 】



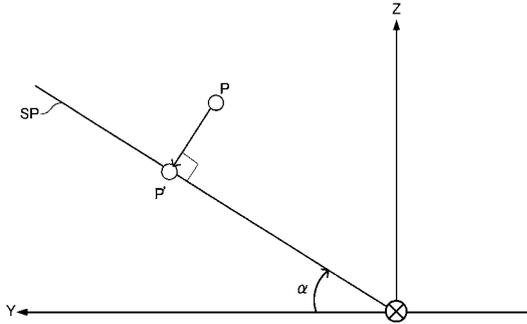
【 図 7 】



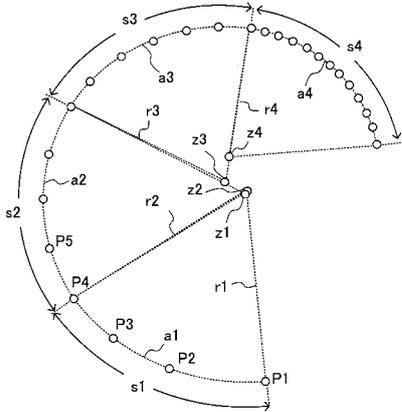
【 図 8 】



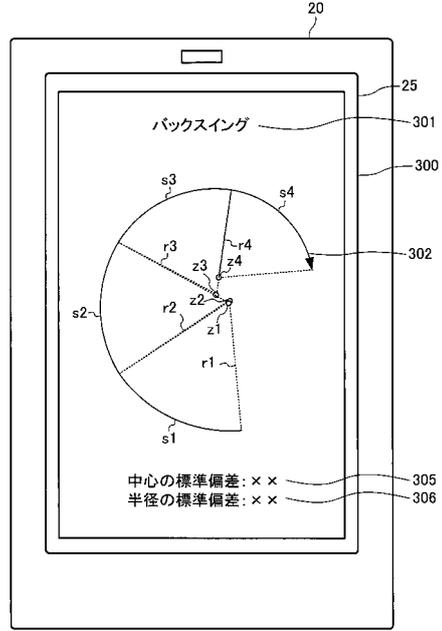
【図9】



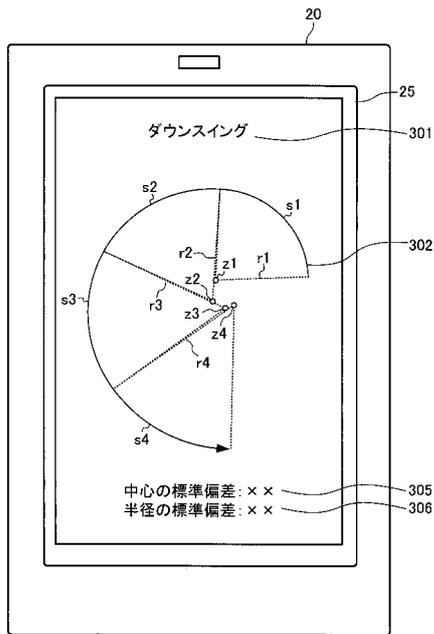
【図10】



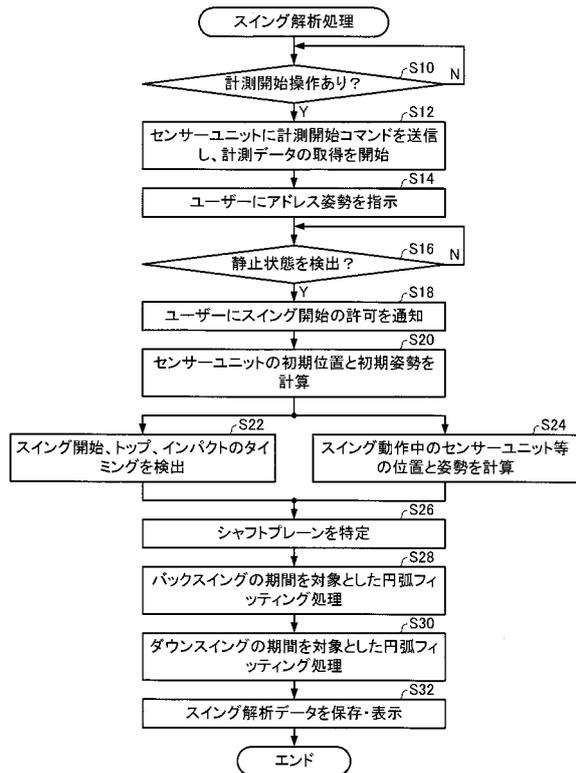
【図11】



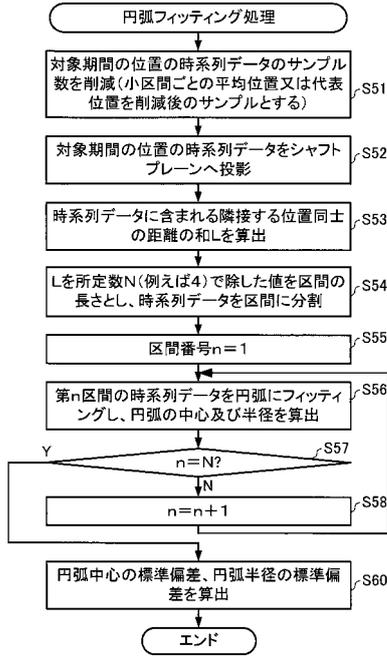
【図12】



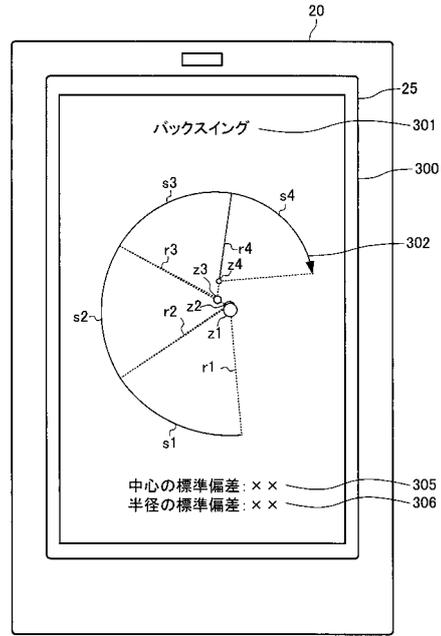
【図13】



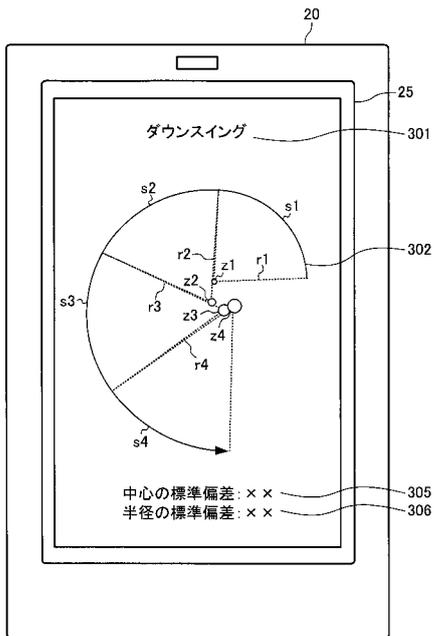
【 図 1 4 】



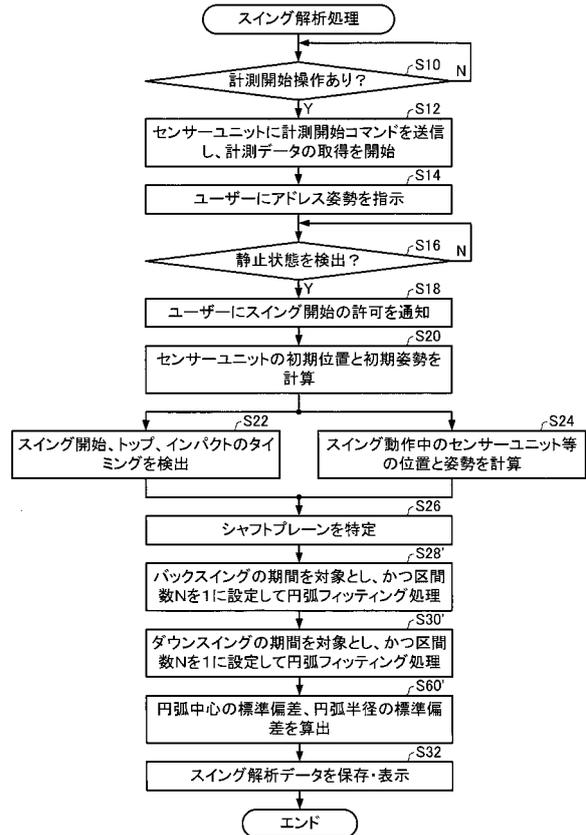
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

