

(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2017-124080

(P2017-124080A)

(43) 公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)

(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 71/06 (2006.01)	A 6 3 B 69/36	5 4 1 W
	A 6 3 B 71/06	U

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2016-5851 (P2016-5851)
 (22) 出願日 平成28年1月15日 (2016.1.15)

(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 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (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

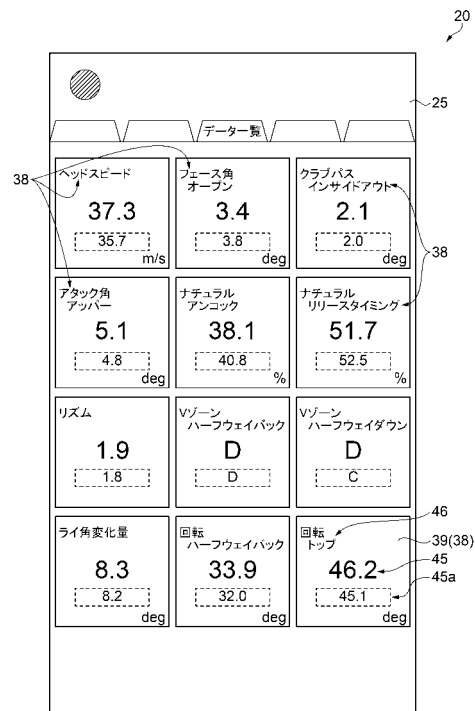
(54) 【発明の名称】 表示方法、運動解析装置、運動解析システム、運動解析プログラム、および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】異なる複数のスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を行うことが可能な表示方法を提供する。

【解決手段】慣性センサーの出力を用いて検出された、第1の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第1のデータ群と、第2の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第2のデータ群と、前記指標毎に対応させて表示する表示方法。

【選択図】 図14



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

慣性センサーの出力を用いて検出された、
第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群と、
第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群と、
を、前記指標毎に対応させて表示することを特徴とする表示方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記複数の指標は、予め設定されている表示方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、
前記第 1 のデータ群と前記第 2 のデータ群とを、前記指標毎に対応するデータ同士を並べて表示する表示方法。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項において、
前記複数の指標は、一つの表示部に表示対象の全てが配置されて表示されている表示方法。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項において、
前記一覧に表示される前記指標のいずれかを指定することにより、他の表示画面に切り替わる表示方法。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項において、
前記第 1 の運動と、前記第 2 の運動とは、互いに異なるユーザーの運動である表示方法。

【請求項 7】

慣性センサーの出力を用いて検出された、運動の解析データを算出する処理部と、
前記解析データに基づいて、解析結果を表示する表示部と、
を含み、

前記表示部に、
第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群と、
第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群と、
を、前記指標毎に対応させて並べて表示していることを特徴とする運動解析装置。

【請求項 8】

請求項 7 において、
操作部を備え、
前記複数の指標は、前記操作部により予め設定されている運動解析装置。

【請求項 9】

請求項 7 または請求項 8 において、
前記表示部に、
前記第 1 のデータ群と前記第 2 のデータ群データを、前記指標毎に対応するデータ同士を並べて表示していることを特徴とする運動解析装置。

【請求項 10】

請求項 7 ないし請求項 9 のいずれか一項において、
前記複数の指標が、前記表示部に、表示対象の全てが配置されて表示されている運動解析装置。

【請求項 11】

請求項 7 ないし請求項 10 のいずれか一項において、
前記一覧に表示される前記指標のいずれかを指定することにより、他の表示画面に切り替わる運動解析装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

請求項 7 ないし請求項 1 1 のいずれか一項において、
前記第 1 の運動と、前記第 2 の運動とは、互いに異なるユーザーの運動である運動解析装置。

【請求項 1 3】

請求項 7 ないし請求項 1 2 のいずれか一項に記載の運動解析装置と、
慣性センサーと、
を備えていることを特徴とする運動解析システム。

【請求項 1 4】

慣性センサーの出力を用いて検出された、第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群、および第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群を算出する工程と、
前記第 1 のデータ群および前記第 2 のデータ群を前記指標毎に対応させて表示する工程と、
をコンピューターに実行させることを特徴とする運動解析プログラム。

10

【請求項 1 5】

慣性センサーの出力を用いて検出された、第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群、および第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群を算出する工程と、
前記第 1 のデータ群および前記第 2 のデータ群を前記指標毎に対応させて表示する工程と、
をコンピューターに実行させるプログラムを記録していることを特徴とする記録媒体。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表示方法、運動解析装置、運動解析システム、運動解析プログラム、および記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ゴルフ、テニス、野球などの運動器具のスイング、例えばゴルフクラブのスイング（ゴルフスイング）を解析し、例えばそのスイングの軌跡を改善することで競技力を向上させる手段が知られている。このような手段の一例として、例えば特許文献 1 には、ゴルフ支援装置が開示されている。特許文献 1 が開示されたゴルフ支援装置では、ヘッドスピードやボールスピードなど、ゴルフクラブのスイングに係る項目についてドップラーセンサーを用いて測定することにより、ゴルフクラブのスイングを解析する。そして、その解析結果を、ゴルフ支援装置に備えられた表示部に表示するとしている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 180276 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、特許文献 1 に記載されている技術では、一つの画面に一つのスイングに関わる解析データに基づいた複数の指標に係るデータが一つずつ表示されているので、互いに異なる複数のスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を行うためには、例えば画面を何度もタップして遷移させるなどの操作が必要となり、ユーザーの扱いが煩雑となることから使い勝手が悪いという課題を有していた。

【課題を解決するための手段】

【0005】

50

本発明は、上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、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0006】

[適用例1] 本適用例に係る表示方法は、慣性センサーの出力を用いて検出された、第1の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第1のデータ群と、第2の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第2のデータ群と、を前記指標毎に対応させて表示することを特徴とする。

【0007】

本適用例に係る表示方法によれば、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを比較しながらの視認が可能となり、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を行うことができる。これにより、解析データを比較するために、ユーザーが画面を何度もタップするなどの操作が不要となることから、煩雑さが解消され、使い勝手を向上させることができる。

10

【0008】

[適用例2] 上記適用例に記載の表示方法において、前記複数の指標は、予め設定されていることが好ましい。

【0009】

本適用例によれば、スイングの解析データのうちで、ユーザーが表示を所望する指標を予め設定しておくことで、スイング後にユーザーの手を煩わせることなくユーザーの得たいスイングの解析データを効率よく表示することができ、さらに使い勝手を向上させることができる。

20

【0010】

[適用例3] 上記適用例に記載の表示方法において、前記第1のデータ群のデータと前記第2のデータ群のデータとを、前記指標毎に対応するデータ同士を並べて表示することが好ましい。

【0011】

本適用例によれば、指標毎に対応するデータ同士を並べて表示するため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを一目で視認することができ、確認を効率よく行うことができる。

【0012】

[適用例4] 上記適用例に記載の表示方法において、前記複数の指標は、一つの表示部に表示対象の全てが配置されて表示されていることが好ましい。

30

【0013】

本適用例によれば、一つの表示部に表示対象の全てが一覧で配置されているため、画面の切り替え（遷移）をしなくても、全ての解析データを一画面で視認することができ、効率的な運動の解析を行うことができる。

【0014】

[適用例5] 上記適用例に記載の表示方法において、前記一覧に表示される前記指標のいずれかを指定することにより、他の表示画面に切り替わることが好ましい。

【0015】

本適用例によれば、一覧に表示される指標のいずれかを指定し、例えば指定された指標の詳細データなどを表示する他の表示画面に切り替えることができ、より効率的な表示とすることができる。これにより、効率的な運動の解析を行うことができる。

40

【0016】

[適用例6] 上記適用例に記載の表示方法において、前記第1の運動と、前記第2の運動とは、互いに異なるユーザーの運動であることが好ましい。

【0017】

本適用例によれば、他者による運動の解析データとの比較を行うことができ、さらに客観的な評価を行うことができる。

【0018】

50

[適用例7] 本適用例に係る運動解析装置は、慣性センサーの出力を用いて検出された、運動の解析データを算出する処理部と、前記解析データに基づいて、解析結果を表示する表示部と、を含み、前記表示部に、第1の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第1のデータ群と、第2の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第2のデータ群とを、前記指標毎に対応させて並べて表示していることを特徴とする。

【0019】

本適用例に係る運動解析装置によれば、処理部によって算出された第1の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第1のデータ群と、第2の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第2のデータ群とが、表示部に、対応する指標毎に並べて表示されるため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを比較しながらの視認が可能となる。これにより、ユーザーは、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を容易に行うことができる。また、解析データを比較するために、ユーザーが画面を何度もタップするなどの操作が不要となることから、煩雑さが解消され、使い勝手を向上させることができる。

10

【0020】

[適用例8] 上記適用例に記載の運動解析装置において、操作部を備え、前記複数の指標は、前記操作部により予め設定されていることが好ましい。

【0021】

本適用例によれば、スイングの解析データのうちで、ユーザーが表示を所望する指標を予め設定しておくことで、スイング後にユーザーの手を煩わせることなくユーザーの得たいスイングの解析データを効率よく表示することができ、さらに使い勝手を向上させることができる。

20

【0022】

[適用例9] 上記適用例に記載の運動解析装置において、前記表示部に、前記第1のデータ群のデータと前記第2のデータ群のデータとを、前記指標毎に対応するデータ同士を並べて表示していることが好ましい。

【0023】

本適用例によれば、表示部に、指標毎に対応するデータ同士を並べて表示するため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを一目で視認することができ、確認を効率よく行うことができる。

30

【0024】

[適用例10] 上記適用例に記載の運動解析装置において、前記複数の指標が、前記表示部に、表示対象の全てが配置されて表示されていることが好ましい。

【0025】

本適用例によれば、表示部に、表示対象の全てが一覧で配置されているため、画面の切り替え（遷移）をしなくても、全ての解析データを一画面で視認することができ、効率的な運動の解析を行うことができる。

【0026】

[適用例11] 上記適用例に記載の運動解析装置において、記一覧に表示される前記指標のいずれかを指定することにより、他の表示画面に切り替わることが好ましい。

40

【0027】

本適用例によれば、一覧に表示される指標のいずれかを指定し、例えば指定された指標の詳細データなどを表示する他の表示画面に切り替えることができ、より効率的な表示とすることができる。これにより、効率的な運動の解析を行うことができる。

【0028】

[適用例12] 上記適用例に記載の運動解析装置において、前記第1の運動と、前記第2の運動とは、互いに異なるユーザーの運動であることが好ましい。

【0029】

本適用例によれば、他者による運動の解析データとの比較を行うことができ、さらに客観的な評価を行うことができる。

50

【 0 0 3 0 】

[適用例 1 3] 本適用例に係る運動解析システムは、上記適用例のいずれか一例に記載の運動解析装置と、慣性センサーと、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

本適用例に係る運動解析システムによれば、処理部によって算出された第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群と、第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群とが、表示部に、対応する指標毎に並べて表示されるため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを比較しながらの視認が可能となる。これにより、ユーザーは、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を容易に行うことができる。さらに、解析データを比較するために、ユーザーが画面を何

10

【 0 0 3 2 】

[適用例 1 4] 本適用例に係る運動解析プログラムは、慣性センサーの出力を用いて検出された、第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群、および第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群を算出する工程と、前記第 1 のデータ群および前記第 2 のデータ群を前記指標毎に対応させて表示する工程と、をコンピューターに実行させることを特徴とする。

20

【 0 0 3 3 】

本適用例に係る運動解析プログラムによれば、処理部によって算出された第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群複数の第 1 の指標と、第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群とが、対応する指標毎に並べて表示されるため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを比較しながらの視認が可能となる。これにより、ユーザーは、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を容易に行うことができる。さらに、解析データを比較するために、ユーザーが画面を何度もタップするなどの操作が不要となることから煩雑さが解消されることなどにより、効率的な運動解析を行うことができる。

【 0 0 3 4 】

[適用例 1 5] 本適用例に係る記録媒体は、慣性センサーの出力を用いて検出された、第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群、および第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群を算出する工程と、前記第 1 のデータ群および前記第 2 のデータ群を前記指標毎に対応させて表示する工程と、をコンピューターに実行させるプログラムを記録していることを特徴とする。

30

【 0 0 3 5 】

本適用例に係る記録媒体によれば、記録されているプログラムに基づいてコンピューターを実行させることにより、処理部によって算出された第 1 の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第 1 のデータ群複数の第 1 の指標と、第 2 の運動の解析データに基づく前記複数の指標に係る第 2 のデータ群とが、対応する指標毎に並べて表示されるため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを比較しながらの視認が可能となる。これにより、ユーザーは、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を容易に行うことができる。さらに、解析データを比較するために、ユーザーが画面を何度もタップするなどの操作が不要となることから煩雑さが解消されることなどにより、効率的な運動解析を行うことができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 6 】

【 図 1 】 スイング解析システムの概要の説明図。

【 図 2 】 センサーユニットの装着位置および向きの一例を示す図。

【 図 3 】 スイング動作についての説明図。

【 図 4 】 スイング解析システムの構成例を示す図。

50

【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。

【図 6】3 軸角速度の時間変化の一例を示すグラフ。

【図 7】3 軸角速度の合成値の時間変化を示すグラフ。

【図 8】合成値の微分の時間変化を示すグラフ。

【図 9】シャフトプレーンおよびホーガンプレーンを示す図。

【図 10】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。

【図 11】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。

【図 12】フェース角とクラブパス（入射角）を説明するための図。

【図 13】スイング解析システムの動作手順（解析結果の表示方法）を示すフローチャート。

10

【図 14】スイング解析データの表示例を示す図。

【図 15】遷移された他の表示画面に示されるスイング解析データの表示例 1 を示す図。

【図 16】他の表示画面に示されたスイング解析データの表示例 2 を示す図。

【図 17】スイング軌跡における比較表示例を示す図。

【図 18】運動解析表示装置の一例の、ヘッドマウントディスプレイを示す斜視図。

【図 19】ウェアラブル型の一例の、腕装着型の運動解析表示装置を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0037】

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。

20

【0038】

スイング解析（運動解析）システム

1-1. スイング解析（運動解析）システムの概要

以下、運動解析システムの一例としてのスイング解析システムについて、図 1 ~ 図 4 を参照して説明する。図 1 は、本実施形態のスイング解析システムの概要について説明するための図である。図 2 は、センサーユニットの装着位置および向きの一例を示す図である。図 3 は、一連のスイング動作についての説明図である。図 4 は、スイング解析システムの構成例を示す図である。

30

【0039】

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（慣性センサーの一例）、およびスイング解析装置としての運動解析表示装置 20 を含んで構成されている。スイング解析システム 1 では、ユーザー（被験者）2 が、ターゲットとしてのゴルフボール 4 を打球するために行う、ゴルフクラブ 3 のスイング（以下、ゴルフスイングとも言う）を解析する。本実施形態では、ゴルフスイングの解析を行うスイング解析装置を例に挙げて説明するが、本発明のスイング解析装置は、テニス、バドミントン、卓球などのラケット、野球やソフトボールに用いるバットなど、スイングに用いられる様々な運動器具のスイング解析に適用することができる。

【0040】

計測部としてのセンサーユニット 10 は、備えられた慣性センサー（図 4 に示す加速度センサー 12 および角速度センサー 14）によって、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とを計測可能であり、本形態ではゴルフクラブ 3（運動器具の一例）に装着されている。

40

【0041】

本実施形態では、図 2 に示すように、計測部としてのセンサーユニット 10 は、3 つの検出軸（x 軸，y 軸，z 軸）のうちの 1 軸、例えば y 軸をシャフトの長手方向に合わせて、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、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 3a を除いた柄の部分であ

50

り、グリップも含まれる。ただし、センサーユニット 10 は、被験者であるユーザー 2 の部位（例えば、手やグローブなど）に取り付けられてもよいし、腕時計などのアクセサリに取り付けられてもよい。

【0042】

なお、本形態ではゴルフクラブ 3 のスイングを一例としたスイング解析（運動解析）を例示している。ゴルフスイングは、例えば、図 3 に示すような一連のスイング動作が行われる。具体的には、図 3 に示すように、静止状態であるアドレスの位置からスイング（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に至る動作を含んでいる。インパクト後は、図示していないフォロースルーに至り、一連のスイング動作が終了する。

10

【0043】

1 - 2 . スイング解析（運動解析）システムの構成

図 4 は、本実施形態のスイング解析（運動解析）システム 1 の構成例（センサーユニット 10、および運動解析表示装置 20 の構成例）を示す図である。図 4 に示すように、本実施形態では、センサーユニット 10 は、慣性センサーとしての加速度センサー 12 および角速度センサー 14 と、信号処理部 16 と、通信部 18 と、を含んで構成されている。

【0044】

慣性センサーとしての加速度センサー 12 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 軸加速度の大きさおよび向きに応じたデジタル信号（加速度データ）を出力する。

20

【0045】

慣性センサーとしての角速度センサー 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 軸角速度の大きさおよび向きに応じたデジタル信号（角速度データ）を出力する。

【0046】

信号処理部 16 は、加速度センサー 12 および角速度センサー 14 から、それぞれ加速度データおよび角速度データ（計測データ）を受け取って時刻情報を付して不図示の記憶手段に記憶し、記憶した計測データ（姿勢または位置の情報の一例）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 18 に出力する。

30

【0047】

加速度センサー 12 および角速度センサー 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、信号処理部 16 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、加速度データおよび角速度データを x y z 座標系のデータに変換する処理を行う。

【0048】

さらに、信号処理部 16 は、加速度センサー 12 および角速度センサー 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 12 および角速度センサー 14 に温度補正の機能が組み込まれていてもよい。

40

【0049】

なお、加速度センサー 12 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、信号処理部 16 が、加速度センサー 12 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 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。

【0050】

センサーユニット 10 の通信部 18 は、信号処理部 16 から受け取ったパケットデータを運動解析表示装置 20 に送信する処理や、運動解析表示装置 20 から制御コマンドを受

50

信して信号処理部 16 に送る処理等を行う。信号処理部 16 は、制御コマンドに応じた各種処理を行う。

【0051】

運動解析表示装置 20 は、例えば、スマートフォン、パーソナルコンピューター、後述するヘッドマウントディスプレイ (HMD) 500、および後述する腕装着型の解析表示装置 600 等の情報端末 (クライアント端末) で実現される。運動解析表示装置 (表示装置) 20 は、処理部 21 (処理部の一例)、通信部 22、操作部 23、記憶部 24、表示部 25、音出力部 26、および撮影部 27 を含んで構成されている。

【0052】

運動解析表示装置 20 の通信部 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、処理部 21 に送る処理や、処理部 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。

10

【0053】

入力部としての操作部 23 は、ユーザー (被験者) 2 からの操作データを取得し、処理部 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。換言すれば、操作部 23 は、操作データなどを入力することができる入力部として機能する。そして、ユーザー (被験者) 2 は、操作部 23 から、所望の操作データを入力することができる。なお、操作部 23 から取得されるデータには、例えば、スイングの時刻 (日時)、ユーザー識別情報 (ユーザー ID)、ユーザー 2 の性別、ゴルフクラブ情報 242、ユーザー 2 の身体情報 244、センサーユニット 10 の位置情報であるセンサー装着位置情報 246 などを含むことができる。

20

【0054】

また、操作部 23 から取得されるデータには、解析終了後に、後述する表示部 25 に一覧で表示する複数の指標 38 ((第 1 のデータ 45、および第 2 のデータ 45a) : 図 14 参照) を選択し、入力される指標を含むことができる。このように、スイングの解析データのうちで、ユーザー 2 が一覧表示を所望する指標を予め設定しておくことで、スイング後にユーザー 2 の手を煩わせることなくユーザー 2 の得たいスイングの解析データを一覧表示することができ、さらに使い勝手を向上させることができる。

【0055】

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。

30

【0056】

記憶部 24 は、処理部 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、処理部 21 によって読み出され、スイング解析処理を実行するためのスイング解析プログラム (運動解析プログラム) 240 が記憶されている。スイング解析プログラム 240 はあらかじめ不揮発性の記録媒体 (記録媒体の一例) 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サーバーからスイング解析プログラム 240 を受信して記憶部 24 に記憶させてもよい。

40

【0057】

記憶部 24 には、スイング解析処理に用いられる情報として、ゴルフクラブ情報 242、身体情報 244、センサーユニット 10 の位置情報であるセンサー装着位置情報 246、スイングが解析されたスイング解析データ 248 などが記憶される。

【0058】

ゴルフクラブ情報 242 は、ユーザー 2 が使用するゴルフクラブ 3 の仕様を示す情報である。例えば、ユーザー 2 が、操作部 23 を操作して、使用するゴルフクラブ 3 のゴルフクラブの情報を入力し、入力されたゴルフクラブ 3 の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、後述する図 13 に示すステップ S100 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

50

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ゴルフクラブ情報 2 4 2 としてもよい。

【 0 0 5 9 】

身体情報 2 4 4 は、ユーザー 2 の体格（腰の高さ、首の高さ、腕の長さなど）を示す情報である。例えば、ユーザー 2 が、操作部 2 3 を操作して身体の情報を入力し、入力された身体の情報身体情報 2 4 4 としてもよい。

【 0 0 6 0 】

センサー装着位置情報 2 4 6 は、ゴルフクラブ 3 におけるセンサーユニット 1 0 の装着位置を示す情報である。例えば、図 1 3 に示すステップ S 1 0 0 において、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 2 4 6 としてもよい。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 2 4 6 としてあらかじめ記憶されていてもよい。

10

【 0 0 6 1 】

記憶部 2 4 は、処理部 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、処理部 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、処理部 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、例えば、従前に行われたスイングを解析したスイングの解析データを記憶してもよい。

20

【 0 0 6 2 】

表示部 2 5 は、処理部 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、CRT、LCD、タッチパネル型ディスプレイ、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）などを用いてもよい。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。

【 0 0 6 3 】

表示部 2 5 は、当該スイングの解析データを示す複数の第 1 データ群と、比較表示する例えば 1 回前のスイングの解析データを示す複数の第 2 のデータ群とを一覧に表示（図 1 4 参照）する。なお、第 1 のデータ群と第 2 のデータ群とは、指標 3 8（図 1 4 参照）毎に、対応するデータ同士を並べて表示されている。なお、本例では「回転・トップ」を指標 4 6 として示しているが、他の指標としては、図 1 4 に示されているような「ヘッドスピード」、「フェース角 オープン」、「クラブパス インサイドアウト」、「アタック角 アッパー」、「リズム」などの他、種々を例示することができる。具体的に、図 1 4 に示す表示例では、指標の一つである「回転・トップ」4 6 を例示しており、当該スイングの解析データを示す第 1 のデータ群として第 1 のデータ 4 5、および、比較表示する、例えば 1 回前のスイングの解析データを示す第 2 のデータ群としての第 2 のデータ 4 5 a が並べて表示されている。

30

【 0 0 6 4 】

なお、表示部 2 5 における操作部 2 3 の機能としては、表示部 2 5 に表示される指標 3 8（後述の図 1 4 参照）のうちで、詳細表示する指標の指定を、表示部 2 5 に触れる（画面タッチ）などによって行うことができる。このように、詳細表示する指標の指定を、表示部 2 5 の有する操作部 2 3 に対して行うことができるため、一覧表示された指標 3 8 を視認しながら、詳細表示する指標 3 9（図 1 4 参照）を直接的に指定することができ、確実に、且つ容易に指定を行うことができる。

40

【 0 0 6 5 】

音出力部 2 6 は、処理部 2 1 の処理結果（解析情報）を音声やブザー音等の音として提示するために出力するものである。音出力部 2 6 は、例えば、スピーカーやブザーなどであってもよい。

50

【0066】

撮影部27は、図示しない光学レンズ（撮像光学系）やCCD（Charge-Coupled Device）等を含む受光ユニット（不図示）を含んでいる。撮影部27は、被写体像（ユーザー2）を撮影し、撮影データを記憶部24に記憶させたり、撮影データを画像データ生成部216に送り、画像データ生成部216によって生成された画像データを表示部25に表示させたりすることができる。

【0067】

処理部21は、各種プログラムに従って、センサーユニット10に制御コマンドを送信する処理や、センサーユニット10から通信部22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。処理部21は、センサーユニット10から受信したスイングのデータを用いて、当該スイングを解析した解析データを生成し、その解析データに基づいて、スイング軌跡30（図15、図17参照）、および解析情報の表示データを形成し、出力することができる。処理部21は、スイング解析プログラム（運動解析プログラム）240を実行することにより、データ取得部210、スイング診断部211、スイング解析部215、画像データ生成部216、記憶処理部217、表示処理部218および音出力処理部219として機能する。なお、処理部21は、コンピューターとしての機能を有している。

【0068】

データ取得部210は、通信部22がセンサーユニット10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および計測データを取得し、記憶処理部217に送る処理を行う。

【0069】

スイング診断部211は、スイング解析部215によって算出されるスイングの指標に基づいて、当該スイングの良否について診断する。具体的な手法は後述するが、ハーフウェイバック時とハーフウェイダウン時のヘッド3aの位置が、それぞれ、スイング解析部215によって算出されるシャフトプレーンSPおよびホーガンプレーンHP（Vゾーン）に基づいて判定を行う手法を用いている。

【0070】

スイング解析部215は、センサーユニット10が出力する計測データ（記憶部24に記憶されている計測データ）や操作部23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、スイング動作の解析結果の情報を含むスイング解析データ248を生成する処理を行う。特に、本実施形態では、スイング解析部215は、スイング動作の解析結果の情報の少なくとも一部として、スイングの各指標の値を算出する。

【0071】

スイング解析部215は、スイングの指標として、少なくとも1つの仮想面を算出してもよい。例えば、少なくとも1つの仮想面は、後述する、シャフトプレーンSP（第1仮想面）と、シャフトプレーンSPと所定の角度をなすホーガンプレーンHP（第2仮想面）とを含み、スイング解析部215は、この指標として、「シャフトプレーンSP」と「ホーガンプレーンHP」とを算出してもよい。

【0072】

また、スイング解析部215は、スイングの指標として、バックスイング中の第1のタイミングでのゴルフクラブ3のヘッド3aの位置を算出してもよい。例えば、第1のタイミングは、バックスイング中にゴルフクラブ3の長手方向が水平方向に沿う方向となるハーフウェイバックのときであり、スイング解析部215は、この指標として、後述する「ハーフウェイバック時のヘッド3aの位置」を算出してもよい。

【0073】

また、スイング解析部215は、スイングの指標として、ダウンスイング中の第2のタイミングでのゴルフクラブ3のヘッド3aの位置を算出してもよい。例えば、第2のタイミングは、ダウンスイング中にゴルフクラブ3の長手方向が水平方向に沿う方向となるハ

10

20

30

40

50

ーフウェイダウンのときであり、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「ハーフウェイダウン時のヘッド 3 a の位置」を算出してもよい。

【 0 0 7 4 】

また、スイング解析部 2 1 5 は、スイングの指標として、インパクト（打球時）におけるゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の入射角に基づく指標を算出してもよい。例えば、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「クラブパス（入射角）」を算出してもよい。

【 0 0 7 5 】

また、スイング解析部 2 1 5 は、スイングの指標として、インパクト（打球時）におけるゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の傾きに基づく指標を算出してもよい。例えば、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「（絶対）フェース角」や「相対フェース角」を算出してもよい。

【 0 0 7 6 】

また、スイング解析部 2 1 5 は、スイングの指標として、インパクト（打球時）におけるゴルフクラブ 3 の速度に基づく指標を算出してもよい。例えば、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「ヘッドスピード」を算出してもよい。

【 0 0 7 7 】

また、スイング解析部 2 1 5 は、スイングの指標として、シャフトの長手方向を回転軸として、バックスイングの開始時からインパクト（打球時）までの間の所定のタイミングにおけるゴルフクラブ 3 のシャフトの回転軸回り（以下、長軸回りと称す）の回転角に基づく指標を算出してもよい。ゴルフクラブ 3 の長軸回りの回転角は、基準となるタイミングから当該所定のタイミングまでにゴルフクラブ 3 が長軸回りに回転した角度であってもよい。基準となるタイミングは、バックスイングの開始時であってもよいし、アドレス時であってもよい。また、所定のタイミングは、バックスイングからダウンスイングに移行するとき（トップのとき）であってもよい。例えば、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「トップ時のシャフト軸回転角 t_{op} 」を算出してもよい。

【 0 0 7 8 】

また、スイング解析部 2 1 5 は、スイングの指標として、ダウンスイングにおけるゴルフクラブ 3 のグリップの減速量に基づく指標を算出してもよい。例えば、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「グリップ減速率 R_v 」を算出してもよい。

【 0 0 7 9 】

また、スイング解析部 2 1 5 は、スイングの指標として、ダウンスイングにおけるゴルフクラブ 3 のグリップの減速期間に基づく指標を算出してもよい。例えば、スイング解析部 2 1 5 は、この指標として、後述する「グリップ減速時間率 R_T 」を算出してもよい。

【 0 0 8 0 】

ただし、スイング解析部 2 1 5 は、適宜、これらの指標の一部の値を算出しなくてもよいし、その他の指標の値を算出してもよい。

【 0 0 8 1 】

画像データ生成部 2 1 6 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 6 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、種々の画面に対応する画像データを生成する。

【 0 0 8 2 】

記憶処理部 2 1 7 は、データ取得部 2 1 0 から時刻情報と計測データを受け取り、これらに対応づけて記憶部 2 4 に記憶させる処理を行う。また、記憶処理部 2 1 7 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。記憶処理部 2 1 7 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に対応づけて記憶部 2 4 に記憶させる処理の他、スイング解析部 2 1 5 が生成した判定結果情報等を記憶部 2 4 に記憶させる処理も行う。

【 0 0 8 3 】

表示処理部 2 1 8 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 6 が生成

10

20

30

40

50

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218は、ユーザー2のスイング運動が終了した後、当該スイングの解析データを示す複数の指標に係る第1のデータ群と、比較表示する例えば1回前のスイングの解析データを示す第2の運動の解析データに基づく複数の指標に係る第2のデータ群とを、指標毎に対応させて一覧として表示させる。

【0084】

なお、この一覧に表示される指標は、表示対象となる全てに指標が一画面内に配置されて表示されていることが好ましい。このように、表示対象の全てが一覧に配置されていることにより、画面の切り替え(遷移)をしなくても、全ての解析データを一画面で視認することができ、効率的な運動の解析を行うことができる。

10

【0085】

また、表示処理部218は、当該スイングの解析データと、記憶部24に記憶されている従前のスイング解析データ248とを処理し、第1のデータ群と第2のデータ群とを、対応する指標毎に並べて表示させる。具体的には、図14に示すように、例えば「回転・トップ」の指標46において、当該スイングの解析データを示す第1のデータ45、および、比較表示する例えば1回前のスイングの解析データを示す第2のデータ45aを、図中上下に並べて表示する。

【0086】

なお、上述の例では、当該スイングの第1のデータ45と比較表示する1回前のスイングの解析データを示す第2のデータ45aの二つのデータを比較する例で説明したが、比較表示するデータの数は問わず、二つ以上のデータを重ねて表示することとしてもよい。

20

【0087】

また、表示処理部218は、一覧表示されている指標38(図14参照)のうちから指示された指標を、詳細表示することができる。このとき表示される詳細情報は、他の画面に切り替え(遷移)て表示してもよいし、同じ画面に重畳表示してもよい。また、表示処理部218は、スイングのスイング軌跡(スイング軌跡画像)30(図15、図17参照)を表示部25に表示させることができる。このように、ユーザー2において指定された指標の詳細情報が表示されるため、より効率的な表示とすることができ、スイングの解析効率を高めることができる。

【0088】

30

このように、表示処理部218は、自動的に、あるいは、ユーザー2の入力操作により選択された指標に応じて画像データ生成部216が生成した画像データに対応する画像やスイング解析部215による判定結果を示す文字等を表示部25に表示させる。あるいは、センサーユニット10に表示部(不図示)を設けたり、他の表示装置(不図示)を設けたりしてにおいて、表示処理部218は、通信部22を介してセンサーユニット10や他の表示装置に画像データを送信し、センサーユニット10の表示部や他の表示装置に各種の画像や文字等を表示させてもよい。

【0089】

音出力処理部219は、音出力部26に対して各種の音(音声データによる音声やブザー音等も含む)を出力させる処理を行う。なお、音出力処理部219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出力部26にスイング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26を設けてにおいて、音出力処理部219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。

40

【0090】

なお、従前に行われた他のスイングのスイング解析データ248として記憶部24に記憶されている、第2の運動に係る第2の指標を、当該スイングのユーザー2と異なるユーザーのスイングの解析データとすることができる。このように、第2の指標をユーザー2と異なるユーザーのスイングの解析データとすることにより、ユーザー2による当該スィ

50

ング結果である第1の指標と他者による運動の解析データとの比較を行うことができ、さらに客観的な評価を行うことができる。

【0091】

1-3. 構成要素の位置および姿勢などの算出、スイング動作の各タイミングの検出
以下、構成要素（例えば、センサーユニット10）の位置および姿勢、スイング動作の各タイミングの検出、シャフトプレーンおよびホーガンプレーンの算出、フェース角およびクラブパス（入射角）の算出、シャフト軸回転角の算出、などの具体的な方法について、図5ないし図12を用いて説明する。

【0092】

[センサーユニット10の位置および姿勢の算出]

10

ユーザー2が後述するステップS103（図13参照）の動作（アドレス時の静止動作）を行うと、まず、スイング解析部215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、スイング解析部215は、当該所定時間内の計測データ（加速度データおよび角速度データ）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、スイング解析部215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13のステップS106）のセンサーユニット10の位置および姿勢を計算する。

【0093】

具体的には、まず、スイング解析部215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およ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。

20

【0094】

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。ゴルフクラブ3のヘッド3a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、アドレス時の静止動作（図13のステップS103）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5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（シャフトの長手方向と水平面（XY平面）とのなす角）との関係は式(1)で表される。

30

【0095】

【数1】

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

【0096】

従って、スイング解析部215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。

40

【0097】

次に、スイング解析部215は、ゴルフクラブ情報242に含まれるシャフトの長さL₁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とグリップエンドの位置62との距離を減算して、センサーユニット10とヘッド3aとの距離L_{SH}を求める。さらに、スイング解析部215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3a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。

【0098】

そして、スイング解析部215は、その後の加速度データを積分してセンサーユニット

50

10の初期位置からの位置の座標を時系列に計算する。

【0099】

また、スイング解析部215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、アドレス時の静止動作（図13のステップS103）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、スイング解析部215は、ゴルフクラブ3のシャフトの傾斜角より、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。

【0100】

そして、スイング解析部215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。

10

【0101】

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および角速度センサー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、スイング解析部215による計測データのバイアス補正が不要となる。

20

【0102】

[スイング開始、トップおよびインパクトのタイミングの検出]

スイング解析部215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、スイング解析部215は、計測データ（加速度データまたは角速度データ）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。

【0103】

具体的には、まず、スイング解析部215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、スイング解析部215は、次の式(2)により、角速度の合成値 $n_0(t)$ を計算する。

30

【0104】

【数2】

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

【0105】

次に、スイング解析部215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、スイング解析部215は、次の式(3)により、角速度の合成値 $n_0(t)$ を0~100の範囲に正規化した合成値 $n(t)$ に変換する。

40

【0106】

【数3】

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

【0107】

次に、スイング解析部215は、各時刻tでの正規化後の合成値 $n(t)$ の微分 $dn(t)$

50

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 215 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。

【0108】

【数4】

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

【0109】

図6は、ユーザー2がスイングを行ってゴルフボール4を打ったときの3軸角速度データ $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ の一例を示す。図6において、横軸は時間 (ms) 、縦軸は角速度 (dps) である。

10

【0110】

図7は、図6の3軸角速度データ $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ から3軸角速度の合成値 $n_0(t)$ を式(2)に従って計算した後に式(3)に従って0~100に正規化した合成値 $n(t)$ をグラフ表示した図である。図7において、横軸は時間 (ms) 、縦軸は角速度の合成値である。

【0111】

図8は、図7の3軸角速度の合成値 $n(t)$ からその微分 $dn(t)$ を式(4)に従って計算し、グラフ表示した図である。図8において、横軸は時間 (ms) 、縦軸は3軸角速度の合成値の微分値である。なお、図6および図7では横軸を0~5秒で表示しているが、図8では、インパクトの前後の微分値の変化がわかるように、横軸を2秒~2.8秒で表示している。

20

【0112】

次に、スイング解析部215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(図8参照)。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、スイング解析部215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また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また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

【0113】

次に、スイング解析部215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(図7参照)。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、スイング解析部215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に近づき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。

40

【0114】

次に、スイング解析部215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(図7参照)。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、スイング解析部215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、スイング解析部215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

50

イング開始の時刻 t_{start} として検出してもよい。

【0115】

なお、スイング解析部 215 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。

【0116】

[シャフトプレーンおよびホーガンプレーンの算出]

シャフトプレーン SP は、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）とゴルフクラブ 3 のシャフトの長手方向とで特定される第 1 仮想面である。また、ホーガンプレーン HP は、ユーザー 2 のアドレス時において、ユーザー 2 の肩付近（肩や首の付け根など）とゴルフクラブのヘッド 3a（あるいは、ゴルフボール 4）を結ぶ仮想線とターゲットライン（打球の目標方向）とで特定される第 2 仮想面である。

10

【0117】

図 9 は、シャフトプレーンおよびホーガンプレーンを示す図である。図 9 には、XYZ 座標系（グローバル座標系）の X 軸、Y 軸、Z 軸も表記されている。

【0118】

図 9 に示すように、本実施形態では、打球の目標方向に沿った第 1 線分 51 と、ゴルフクラブ 3 のシャフトの長手方向に沿った第 2 線分 52 と、を含み、U1, U2, S1, S2 を 4 つの頂点とする仮想平面をシャフトプレーン SP（第 1 仮想面）とする。本実施形態では、アドレス時のゴルフクラブ 3 のヘッド 3a の位置 61 を XYZ 座標系の原点 O（0, 0, 0）とし、第 2 線分 52 は、ゴルフクラブ 3 のヘッド 3a 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 1 線分 51 は、X 軸上の U1, U2 を両端として原点 O を中点とする長さ UL の線分である。ユーザー 2 がアドレス時に静止動作（図 13 のステップ S103）を行う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 1 線分 51 は、ゴルフクラブ 3 のシャフトの長手方向と直交する線分、すなわち第 2 線分 52 と直交する線分である。スイング解析部 215 は、シャフトプレーン SP として、XYZ 座標系における 4 つの頂点 U1, U2, S1, S2 の各座標を算出する。

20

【0119】

具体的には、まず、スイング解析部 215 は、傾斜角 α とゴルフクラブ情報 242 に含まれるシャフトの長さ L_1 とを用いて、ゴルフクラブ 3 のグリップエンドの位置 62 の座標（0, G_Y , G_Z ）を計算する。図 5 に示すように、スイング解析部 215 は、シャフトの長さ L_1 と傾斜角 α を用いて、式（5）および式（6）により、 G_Y , G_Z をそれぞれ計算することができる。

30

【0120】

【数 5】

$$G_Y = L_1 \cdot \cos \alpha \quad \dots (5)$$

$$G_Z = L_1 \cdot \sin \alpha \quad \dots (6)$$

40

【0121】

次に、スイング解析部 215 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 SP の頂点 S1 と頂点 S2 の中点 S3 の座標（0, S_Y , S_Z ）を計算する。すなわち、スイング解析部 215 は、式（7）および式（8）により、 S_Y および S_Z をそれぞれ計算する。

【0122】

【数 6】

$$S_Y = G_Y \cdot S \quad \dots (7)$$

$$S_Z = G_Z \cdot S \quad \dots (8)$$

【0123】

図10は、図9のシャフトプレーンSP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10に示すように、頂点S1（図9参照）と頂点S2（図9参照）の中点S3と原点Oとを結ぶ線分の長さ（シャフトプレーンSPのX軸と直交する方向の幅）は、第2線分52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SP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 （図11参照）とすると、シャフトプレーンSP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(9)のように設定してもよい。

10

【0124】

【数 7】

$$S = \frac{2 \cdot (L_1 + L_2)}{L_1} \quad \dots (9)$$

20

【0125】

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 （不図示）と相関があり、統計情報に基づき、例えば、ユーザー2が男性の場合は式(10)のような相関式で表され、ユーザー2が女性の場合は式(11)のような相関式で表される。

【0126】

【数 8】

$$L_2 = 0.41 \times L_0 - 45.5 [mm] \quad \dots (10)$$

$$L_2 = 0.46 \times L_0 - 126.9 [mm] \quad \dots (11)$$

30

【0127】

従って、スイング解析部215は、身体情報244に含まれるユーザー2の身長 L_0 と性別とを用いて、式(10)または式(11)により、ユーザーの腕の長さ L_2 を算出することができる。

【0128】

次に、スイング解析部215は、中点S3の座標 $(0, S_Y, S_Z)$ およびシャフトプレーンSPのX軸方向の幅（第1線分51の長さ）ULを用いて、シャフトプレーンSPの頂点U1の座標 $(-UL/2, 0, 0)$ 、頂点U2の座標 $(UL/2, 0, 0)$ 、頂点S1の座標 $(-UL/2, S_Y, S_Z)$ 、S2の座標 $(UL/2, S_Y, S_Z)$ を計算する。X軸方向の幅UL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SPに収まるような値に設定される。例えば、X軸方向の幅UL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。

40

【0129】

このようにして、スイング解析部215は、シャフトプレーンSPの4つの頂点U1, U2, S1, S2の座標を算出することができる。

【0130】

また、図9に示すように、本実施形態では、第1線分51と、第3線分53と、を含み、U1, U2, H1, H2を4つの頂点とする仮想平面をホーガンプレーンHP（第2仮想面）とする。第3線分53は、ユーザー2の両肩を結ぶ線分付近にある所定位置63と

50

ゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の位置 6 1 とを結ぶ線分である。ただし、第 3 線分 5 3 は、所定位置 6 3 とゴルフボール 4 の位置とを結ぶ線分であってもよい。スイング解析部 2 1 5 は、ホーガンプレーン H P として、X Y Z 座標系における 4 つの頂点 U 1 , U 2 , H 1 , H 2 の各座標を算出する。

【 0 1 3 1 】

具体的には、まず、スイング解析部 2 1 5 は、アドレス時（静止時）におけるゴルフクラブ 3 のグリップエンドの位置 6 2 の座標 $(0, G_Y, G_Z)$ と、身体情報 2 4 4 に基づくユーザー 2 の腕の長さ L_2 とを用いて、所定位置 6 3 を推定し、その座標 (A_X, A_Y, A_Z) を計算する。

【 0 1 3 2 】

図 1 1 は、図 9 のホーガンプレーン H P を Y Z 平面で切った断面図を X 軸の負側から見た図である。図 1 1 では、ユーザー 2 の両肩を結ぶ線分の midpoint を所定位置 6 3 としており、所定位置 6 3 は Y Z 平面上に存在する。従って、所定位置 6 3 の X 座標 A_X は 0 である。そして、図 1 1 に示すように、スイング解析部 2 1 5 は、ゴルフクラブ 3 のグリップエンドの位置 6 2 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 6 3 であると推定する。従って、スイング解析部 2 1 5 は、所定位置 6 3 の Y 座標 A_Y をグリップエンドの位置 6 2 の Y 座標 G_Y と同じ値とする。また、スイング解析部 2 1 5 は、所定位置 6 3 の Z 座標 A_Z を、式 (1 2) のように、グリップエンドの位置 6 2 の Z 座標 G_Z とユーザー 2 の腕の長さ L_2 の和として計算する。

【 0 1 3 3 】

【 数 9 】

$$A_Z = G_Z + L_2 \quad \dots (12)$$

【 0 1 3 4 】

次に、スイング解析部 2 1 5 は、所定位置 6 3 の Y 座標 A_Y および 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 H P の頂点 H 1 と頂点 H 2 の midpoint H 3 の座標 $(0, H_Y, H_Z)$ を計算する。すなわち、スイング解析部 2 1 5 は、式 (1 3) および式 (1 4) により、 H_Y および H_Z をそれぞれ計算する。

【 0 1 3 5 】

【 数 1 0 】

$$H_Y = A_Y \cdot H \quad \dots (13)$$

$$H_Z = A_Z \cdot H \quad \dots (14)$$

【 0 1 3 6 】

図 1 1 に示すように、頂点 H 1 (図 9 参照) と頂点 H 2 (図 9 参照) の midpoint H 3 と原点 O とを結ぶ線分の長さ (ホーガンプレーン H P の X 軸と直交する方向の幅) は、第 3 線分 5 3 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 H P 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 H P は、シャフトプレーン S P と同じ形および大きさとしてもよい。この場合、ホーガンプレーン H P 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 S P 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。従って、スイング解析部 2 1 5 は、スケールファクター H を式 (1 5) により、計算することができる。

【 0 1 3 7 】

【数 1 1】

$$H = \frac{2 \cdot (L_1 + L_2)}{L_3} \quad \dots (15)$$

【0 1 3 8】

また、スイング解析部 2 1 5 は、所定位置 6 3 の Y 座標 A_Y および Z 座標 A_Z を用いて、式 (1 3) により、第 3 線分 5 3 の長さ L_3 を計算することができる。

【0 1 3 9】

次に、処理部 2 1 は、中点 H 3 の座標 ($0, H_Y, H_Z$) およびホーガンプレーン H P の X 軸方向の幅 (第 1 線分 5 1 の長さ) $U L$ を用いて、ホーガンプレーン H P の頂点 H 1 の座標 ($-U L / 2, H_Y, H_Z$)、H 2 の座標 ($U L / 2, H_Y, H_Z$) を計算する。なお、ホーガンプレーン H P の 2 つの頂点 $U 1, U 2$ はシャフトプレーン S P と共通するため、スイング解析部 2 1 5 は、ホーガンプレーン H P の頂点 $U 1, U 2$ の座標をあらためて計算する必要はない。

【0 1 4 0】

このようにして、スイング解析部 2 1 5 は、ホーガンプレーン H P の 4 つの頂点 $U 1, U 2, H 1, H 2$ の座標を算出することができる。

【0 1 4 1】

シャフトプレーン S P (第 1 仮想面) とホーガンプレーン H P (第 2 仮想面) により挟まれる領域は「Vゾーン」と呼ばれ、バックスイング中やダウンスイング中のゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の位置と V ゾーンとの関係により、打球の軌道 (球筋) をある程度推測することができる。例えば、バックスイングあるいはダウンスイング中の所定のタイミングでゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a が V ゾーンよりも低い空間に存在する場合はフック系の打球となりやすい。また、バックスイングあるいはダウンスイング中の所定のタイミングでゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a が V ゾーンよりも高い空間に存在する場合はスライス系の打球となりやすい。本実施形態では、図 1 1 から明らかなように、シャフトプレーン S P とホーガンプレーン H P とのなす第 1 角度 θ_1 は、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 に応じて決定される。すなわち、第 1 角度 θ_1 は、固定値ではなく、ゴルフクラブ 3 の種類やユーザー 2 の身体に応じて決まるので、ユーザー 2 のスイングを診断する指標としてより適切なシャフトプレーン S P およびホーガンプレーン H P (V ゾーン) が算出される。

【0 1 4 2】

[フェース角およびクラブパス (入射角) の算出]

フェース角は、インパクトにおけるゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の傾きに基づく指標であり、クラブパス (入射角) は、インパクトにおけるゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の軌道に基づく指標である。

【0 1 4 3】

図 1 2 は、フェース角とクラブパス (入射角) を説明するための図である。図 1 2 には、X Y Z 座標系で Z 軸の正側から見た X Y 平面上でのゴルフクラブ 3 (ヘッド 3 a のみ図示) が示されている。図 1 2 には、ゴルフクラブ 3 は、フェース面 (打撃面) 7 4、打球点 7 5、打球の目標方向を示すターゲットライン 7 0、ターゲットライン 7 0 に直交する平面 7 1、ゴルフクラブ 3 のヘッド 3 a の軌跡を表す曲線 7 6、および曲線 7 6 に対する打球点 7 5 での接線 7 2 が例示されている。図 1 2 において、フェース角 θ_2 は平面 7 1 とフェース面 7 4 とのなす角であり、換言すれば、フェース面 7 4 と直交する直線 7 3 とターゲットライン 7 0 とのなす角である。また、クラブパス (入射角) θ_3 は接線 7 2 (X Y 平面上におけるヘッド 3 a が打球点 7 5 を通過する方向) とターゲットライン 7 0 とのなす角である。

【0 1 4 4】

例えば、スイング解析部 2 1 5 は、ヘッド 3 a のフェース面 7 4 と x 軸方向 (図 2 参照) 50

)とのなす角度が常に一定である(例えば、直交する)ものとして、インパクトの時刻 t_{impact} におけるセンサーユニット 10 の姿勢から、フェース面 74 に直交する直線の向きを計算する。そして、スイング解析部 215 は、当該直線の向きの Z 軸成分を 0 としたものを直線 73 の向きとし、直線 73 とターゲットライン 70 とのなす角(フェース角)を計算する。

【0145】

また、例えば、スイング解析部 215 は、インパクトの時刻 t_{impact} におけるヘッド 3a の速度の Z 軸成分を 0 とした速度(すなわち、XY 平面におけるヘッド 3a の速度)の向きを接線 72 の向きとし、接線 72 とターゲットライン 70 とのなす角(クラブパス(入射角))を計算する。

【0146】

なお、フェース角 は、ヘッド 3a の打球点 75 への入射方向と関係なく向きが固定されているターゲットライン 70 を基準とするフェース面 74 の傾きを表すため、絶対フェース角とも呼ばれる。これに対して、直線 73 と接線 72 とのなす角 は、ヘッド 3a の打球点 75 への入射方向を基準とするフェース面 74 の傾きを表すため、相対フェース角と呼ばれる。相対フェース角 は、(絶対)フェース角 からクラブパス(入射角)を減算した角度である。

【0147】

[トップ時のシャフト軸回転角の算出]

トップ時のシャフト軸回転角 t_{op} (不図示) は、基準となるタイミングからトップのタイミングまでにゴルフクラブ 3 がシャフト軸回りに回転した角度(相対回転角)である。基準となるタイミングは、例えば、バックスイング開始時またはアドレス時である。本実施形態では、ユーザー 2 が右打ちの場合は、ゴルフクラブ 3 のヘッド 3a 側に先端を向けた右ねじの締め方向(グリップエンド側からヘッド 3a 側を視たときに時計回りの方向)をシャフト軸回転角 t_{op} の正方向とする。逆に、ユーザー 2 が左打ちの場合は、ゴルフクラブ 3 のヘッド 3a 側に先端を向けた左ねじの締め方向(グリップエンド側からヘッド 3a 側を視たときに反時計回りの方向)をシャフト軸回転角 t_{op} の正方向とする。

【0148】

本実施形態では、図 2 に示したように、センサーユニット 10 の y 軸がゴルフクラブ 3 のシャフトの長手方向(ゴルフクラブ 3 の長手方向)にほぼ一致している。従って、例えば、スイング解析部 215 は、スイング開始の時刻 t_{start} (バックスイング開始時)またはアドレス時からトップの時刻 t_{op} (トップ時)まで、角速度データに含まれる y 軸角速度を時間積分することで、シャフト軸回転角 t_{op} を計算する。

【0149】

1-4. スイング解析における診断処理

本実施形態では、スイングの解析の診断手法の一例として、ハーフウェイバック時とハーフウェイダウン時のヘッド 3a の位置が、それぞれ、スイング解析部 215 によって算出されるシャフトプレーン SP およびホーガンプレーン HP (Vゾーン) に基づいて決定される複数の領域(不図示)のうちどの領域に属するかによって判定を行う手法を用いている。

【0150】

スイング診断部 211 は、例えば、ハーフウェイバック時とハーフウェイダウン時のヘッド 3a の位置が、それぞれ、シャフトプレーン SP およびホーガンプレーン HP (Vゾーン) に基づいて決定される複数の領域のうちどの領域に属するかを求める。スイング診断部 211 は、予め設定されているスイングに関するデータに含まれる「ハーフウェイバック時のヘッド 3a の位置の属する領域」および「ハーフウェイダウン時のヘッド 3a の位置の属する領域」などの情報を参照して判定を行う。

【0151】

スイング診断部 211 は、シャフトプレーン SP と、ホーガンプレーン HP と、ハーフウェイバック時のヘッド 3a の位置と、ハーフウェイダウン時のヘッド 3a の位置との関

10

20

30

40

50

係に基づいて予測される打球が曲がりやすいほど低い点数を算出してもよい。「曲がりやすい」とは、打球後の軌道が曲がりやすい（スライスやフックとなりやすい）ことでもよいし、打球の方向が目標方向（ターゲットライン）から逸れやすいことでもよい。あるいは、スイング診断部 2 1 1 は、打球がまっすぐ飛びやすいほど高い点数を算出してもよい。「まっすぐ飛びやすい」とは、打球後の軌道が曲がりにくい（ストレートとなりやすい）ことでもよいし、打球の方向が目標方向（ターゲットライン）から逸れにくいことでもよい。

【0152】

例えば、ハーフウェイバック時のヘッド 3 a の位置が V ゾーンから外れた領域に属しているような場合は、打球が曲がりやすいと予想されるため、スイング診断部 2 1 1 は、相対的に低い点数を算出する。また、例えば、ハーフウェイバック時のヘッド 3 a の位置とハーフウェイダウン時のヘッド 3 a の位置がともに V ゾーンに属する場合は、打球がまっすぐ飛びやすいと予想されるため、スイング診断部 2 1 1 は、相対的に高い点数を算出する。

10

【0153】

また、例えば、ハーフウェイバック時のヘッド 3 a の位置とハーフウェイダウン時のヘッド 3 a の位置がともに V ゾーンに属する場合は、打球がまっすぐ飛びやすいと予想されるため、スイング診断部 2 1 1 は、相対的に高い点数を算出する。

【0154】

スイング診断部 2 1 1 は、トップ時のシャフト軸回転角 t_{op} とフェース角 がそれぞれ複数の範囲（不図示）のうちどの範囲に属するかによって、「回転」の項目を評価することができる。具体的には、まず、スイング診断部 2 1 1 は、スイングに関するデータ（診断対象の入力データ）に含まれるトップ時のシャフト軸回転角 t_{op} （不図示）とフェース角（図 1 2 参照）がそれぞれどの範囲に属するかを判定する。そして、スイング診断部 2 1 1 は、回転点数表（不図示）を参照し、判定結果に対応する点数を算出する。

20

【0155】

スイング診断部 2 1 1 は、トップ時のシャフト軸回転角 t_{op} とフェース角 との関係に基づいて予測される打球が曲がりやすいほど低い点数を算出してもよい。例えば、トップ時のシャフト軸回転角 t_{op} が極端に大きい状態は、ゴルフクラブ 3 のフェース面（打撃面）7 4（図 1 2 参照）が極度に開いた状態であるため、インパクトのときにフェース面がスクウェアまで戻りきらずに打球が曲がりやすいと予想される。また、フェース角 が極端に大きい状態はインパクトのときのフェース面が極度に開いた状態（オープン）であり、フェース角 が極端に小さい状態（絶対値が大きい負の状態）はインパクトのときのフェース面が極度に閉じた状態（クローズ）であり、いずれの状態でも打球が曲がりやすいと予想される。このような場合、スイング診断部 2 1 1 は、相対的に低い点数を算出する。

30

【0156】

また、例えば、トップ時のシャフト軸回転角 t_{op} が小さければ、インパクトのときにフェース面がスクウェアまで戻りきり、打球がまっすぐ飛びやすいと予想される。また、フェース角 が 0° に近い状態はインパクトのときのフェース面がスクウェアに近いため、打球がまっすぐ飛びやすいと予想される。このような場合、スイング診断部 2 1 1 は、相対的に高い点数を算出する。

40

【0157】

上述したスイング解析システム 1 によれば、ユーザー（被験者）2 のスイングが、センサーユニット 1 0 の慣性センサー（加速度センサー 1 2 および角速度センサー 1 4）が計測する。そして、計測結果の出力に基づいて、スイング解析装置としての運動解析表示装置 2 0 によってユーザー（被験者）2 のスイングが解析され、解析情報やスイング軌跡を示す画像として、スイング解析装置としての運動解析表示装置 2 0 の表示部 2 5 に表示される。このように、大掛かりな撮影装置などを用いることが不要となり、ユーザー 2 が容易にスイング解析を行うことが可能となる。

50

【0158】

また、スイング解析装置としての運動解析表示装置20によれば、処理部21によって算出された第1の運動の解析データに基づく複数の第1の指標（第1のデータ45：図14参照）と、第2の運動の解析データに基づく複数の第2の指標（第2のデータ45a：図14参照）が表示部25に一覧で、且つ対応する指標毎に並べて表示されるため、少なくとも二つの異なるスイングの解析データを比較しながらの視認が可能となる。これにより、ユーザーは、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を容易に行うことができる。また、解析データを比較するために、ユーザーが画面を何度もタップするなどの操作が不要となり、煩雑さが解消され、使い勝手を向上させることができる。

【0159】

10

1-5. スイング解析（運動解析）システムの動作手順

次に、スイング解析（運動解析）システム1、およびユーザー2のスイング動作の動作手順（解析結果の表示方法）について図13を参照して説明する。ユーザー（被験者）2は、あらかじめ決められた手順に従って、ゴルフボール4を打球する一連のスイング動作を行う。図13は、ユーザー2のスイング動作、およびスイング解析（運動解析）システム1が行うスイング解析の手順を示すフローチャートである。

【0160】

なお、以下の手順の説明では、前述したスイング解析（運動解析）システム1の構成に用いた符号を用いる。また、以下の動作手順では、スイング解析プログラム（運動解析プログラム）240を、スイング解析システム1においてコンピューター（運動解析表示装置20）に実行させることにより、実現することができる。

20

【0161】

図13に示すように、ユーザー2は、まず、運動解析表示装置20を介してユーザー2の身体情報244とユーザー2が使用するゴルフクラブ3に関する情報、および解析終了後に、表示部25に表示されるスイング解析結果に係る複数の指標38、などの入力操作を行う（ステップS100）。身体情報244は、ユーザー2の身長、腕の長さ、およ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242は、ゴルフクラブ3の長さ（クラブ長）の情報、およびゴルフクラブ3の種類（番手）の少なくとも一方の情報を含む。

【0162】

30

ステップS100において、ユーザー2は、身長、性別、年齢、国籍などの身体の情報身体情報244として入力し、クラブ長、番手などのゴルフクラブに関する情報をゴルフクラブ情報242として入力する。なお、身体情報244に含まれる情報は、これに限られず、例えば、身体情報は、身長に代えてまたは身長とともに腕の長さおよ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242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。

【0163】

また、ステップS100において、ユーザー2は、解析終了後に、スイング解析結果を比較表示するステップS113で表示する複数の指標38（（第1のデータ45、および第2のデータ45a）：図14参照）を選択し、入力する。ここで選択して入力した指標が、ステップS113において、表示部25に一覧で表示されることになる。

40

【0164】

次に、ユーザー2は、運動解析表示装置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（ステップS101）。ステップS101において、ユーザー2が、計測開始操作を行うと、センサーユニット10（慣性センサーとしての加速度センサー12および角速度センサー14）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、運動解析表示装置20に送信する。センサーユニット10と運動解析表示装置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。このデータは、センサーユニット10の位置や姿勢、ひいてはゴ

50

ルフクラブ 3 の各部の位置や姿勢を表す。

【 0 1 6 5 】

次に、ユーザー 2 は、運動解析表示装置 2 0 からアドレス姿勢（運動開始前の基本姿勢）をとるように指示する通知（例えば、音声による通知）を受けた後（ステップ S 1 0 2 の Yes）、ゴルフクラブ 3 のシャフトの長手方向の軸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の姿勢をとり、所定の時間以上となるように静止する（ステップ S 1 0 3）。ここで、運動解析表示装置 2 0 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、静止時におけるユーザー 2 の手元 2 a の姿勢情報を生成（取得）する（ステップ S 1 0 4）。なお、運動解析表示装置 2 0 からアドレス姿勢（運動開始前の基本姿勢）をとるように指示する通知（例えば、音声による通知）を受けていない場合（ステップ S 1 0 2 の No）は、通知されるまで待機する。

10

【 0 1 6 6 】

次に、ユーザー 2 は、運動解析表示装置 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）を受けた後（ステップ S 1 0 5 の Yes）、スイング動作を行い、ターゲットのゴルフボール 4 を打球する（ステップ S 1 0 6）。なお、運動解析表示装置 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）の無い場合（ステップ S 1 0 5 の No）は、スイングを許可する通知がされるまで、スイング動作を待機する。

【 0 1 6 7 】

次に、運動解析表示装置 2 0 は、ユーザー 2 のスイングを計測したセンサーユニット 1 0 からの計測データに基づき、一連のスイングにおける各タイミング（例えばハーフウェイバック、ナチュラルアンコック、ハーフウェイダウン、およびインパクトなど）を検出する（ステップ S 1 0 7）。具体的には、前述の 1 - 3 項で説明した、構成要素の位置および姿勢などの算出、スイング動作の各タイミングの検出に詳述されている。

20

【 0 1 6 8 】

次に、運動解析表示装置 2 0 は、センサーユニット 1 0 からの計測データに基づき、検出した各タイミングの、ゴルフクラブ 3（図 3 参照）のヘッド 3 a の位置、および打撃面としてのフェース面 7 4（図 1 2 参照）の向きを計算する（ステップ S 1 0 8）。併せて、運動解析表示装置 2 0 は、ゴルフクラブ 3 のシャフト軸回転角（不図示）とフェース角などを計算する（ステップ S 1 0 9）。

【 0 1 6 9 】

次に、運動解析表示装置 2 0 のスイング解析部 2 1 5 は、求められた一連のスイングの位置、および姿勢や動作データに基づき、スイング軌跡データ（スイング軌跡情報）を生成（取得）する（ステップ S 1 1 0）。

30

【 0 1 7 0 】

次に、運動解析表示装置 2 0 のスイング診断部 2 1 1 は、一連のスイングに係る種々の解析を行う（ステップ S 1 1 1）。ここでの解析は、前述の「1 - 4 . スイング解析における診断処理」において説明した各種診断が行われる。解析（診断）結果の情報（スイングの解析情報）は、画像データ生成部 2 1 6 や表示処理部 2 1 8、または記憶部 2 4 に送信される。

【 0 1 7 1 】

次に、記憶部 2 4 は、ステップ S 1 1 0 で生成されたスイング軌跡情報、およびステップ S 1 1 1 で行われた一連のスイングに係る種々の解析（診断）結果の情報（スイングの解析情報）や診断結果を、スイング解析データ 2 4 8 として記憶する（ステップ S 1 1 2）。

40

【 0 1 7 2 】

次に、運動解析表示装置 2 0 は、ステップ S 1 1 0 で生成されたスイング軌跡情報やステップ S 1 1 1 で行われた一連のスイングに係る種々の解析結果、もしくは記憶部 2 4 に記憶されているスイング解析データ 2 4 8 などに基づき、スイング解析データとして、表示部 2 5 に画像情報として各指標を一覧表示するとともに、対応する指標毎に比較表示する（ステップ S 1 1 3）。具体的には、次段で図 1 4 を参照して説明するように、当該ス

50

イングの解析データを示す複数の指標に係る第1のデータ群の第1のデータ45と、比較表示する例えば1回前のスイングの解析データを示す複数の指標に係る第2のデータ群の第2のデータ45aとを並べて表示する。

以上により一連の工程を終了する。

【0173】

以下、ステップS113において表示部25に表示される具体的な表示例について、図14ないし図17を参照して説明する。図14は、スイング解析データの表示例を示す図である。図15は、遷移された他の表示画面に示されるスイング解析データの表示例1を示す図である。図16は、他の表示画面に示されたスイング解析データの表示例2を示す図である。図17は、スイング軌跡における比較表示例を示す図である。

10

【0174】

(表示例)

先ず、図14を参照して、表示部25に表示される表示例について説明する。運動解析表示装置20は、スイングの終了を検知した後、所定の時間を経過したタイミングで表示部25に、スイングの解析データを表示する。図14に示されているように、表示部25には、スイングの種々の解析データの項目を示す複数の指標38が、マトリックス状に配置された一覧として表示されている。ここで表示されている複数の指標38は、前述のステップS100においてユーザー2の選択した指標が表示される。なお、表示されている複数の指標38は、解析された全ての指標(解析項目)が、表示されていることが好ましい。

20

【0175】

それぞれの指標38の小窓には、例えば、指標39の小窓で示す「回転・トップ」の指標46に示されているように、当該スイングの解析データを示す複数の指標に係る第1データ群と、比較表示する例えば1回前のスイングの解析データを示す複数の指標に係る第2のデータ群とを一覧に表示する。なお、第1のデータ群のデータと第2のデータ群のデータは、指標38毎に、対応するデータ同士を並べて表示する。具体的には、当該スイングの解析データを示す第1のデータ45と、比較表示する1回前のスイングの解析データを示す第2のデータ45aとが、図中上下方向に並べて表示されている。なお、第2のデータ45aは、第1のデータ45と比し、文字サイズを若干小さくして表示している。このような文字サイズとすることで、第1のデータ45の判読を行い易くすることができる。なお、他の指標38を示す小窓においても、同様な比較表示がされている。

30

【0176】

なお、上述の例では、第1のデータ45と比較表示する1回前のスイングの解析データを示す第2のデータ45aの二つの指標を比較する例で説明したが、比較表示するデータの数は問わず、二つ以上のデータを重ねて表示することとしてもよい。

【0177】

また、表示部25に表示されている指標38のうちで、ユーザー2が、詳細な解析データ(解析情報)を所望する指標について指定し、表示することができる。例えば、ユーザー2が、詳細な解析データ(解析情報)を所望する指標を示す小窓に触れる(画面タッチ)ことにより、画面を切り替えて(遷移させ)図15に示すようなスイング軌跡30を示したり、図16に示すようなシャフト軸の回転に係るグラフを表示したりすることができる。

40

【0178】

ここで、図15に示すスイング軌跡30の表示は、ゴルフクラブ3(図1参照)のヘッド3a(図1参照)における、ゴルフボール4(図1参照)の打球面に交差する方向からの正面視の内、ゴルフボール4側と反対側から見た場合である後方からの画像として表示されている。また、この視認方向を示す標示としてマーク36が表示されている。なお、この表示方向は、ゴルフボール4側から見た場合として表示することも可能である。

【0179】

また、本例のスイング軌跡30の表示では、スイング軌跡30と、各タイミング(時刻

50

)のゴルフクラブの位置を示す複数のオブジェクト31~35と、を表示部25に重ねて表示している。なお、図15において、オブジェクト31はアドレス時(静止時)又はインパクトのタイミング、オブジェクト35はハーフウェイバックのタイミング、オブジェクト34はトップのタイミング、オブジェクト33はナチュラルアンコック、オブジェクト32はハーフウェイダウンのタイミングを示している。ここで、ナチュラルアンコックのタイミングとは、ダウンスイングでコックをリリースする際、ゴルフクラブ3のグリップ側を減速させ、ゴルフクラブ3のヘッド3aが加速される動きのタイミングである。また、表示部25の一部(本例では画面右下部分)には、他の解析情報を示す表示窓37を表示してもよい。

【0180】

また、スイング軌跡30の表示は、ゴルフクラブ3(図1参照)のヘッド3a(図1参照)における、ゴルフボール4(図1参照)の打球面に沿った方向からの正面視の内、ゴルフボール4側から見た場合であるユーザー2の正面からの画像として表示することができる。なお、この表示方向は、ゴルフボール4側と反対側(ユーザー2の後ろ面側)から見た場合として表示することも可能である。

【0181】

また、図16に示すシャフト軸の回転に係るグラフは、バックスイング時のシャフト回転軸の推移を示すグラフである。本例では、シャフト回転軸の推移を、所望されるタイミング範囲である静止時からトップのタイミングまでの区間に限って表示している。これにより、回転軸の表示をより重要な区間である静止時からトップのタイミングに絞って行うことにより、より判断を行い易くすることができ、練習効率を高めることが可能となる。

【0182】

なお、ユーザー2が指示して表示させる解析の詳細情報(解析情報)は、ゴルフクラブ3の姿勢情報を含み、例えばゴルフクラブ3のヘッド3aの位置、ヘッド3aの打撃面としてのフェース面74(図12参照)の向き、ゴルフクラブ3のシャフト軸回転角(不図示)とフェース角(図12参照)などを例示することができる。

【0183】

また、スイング軌跡30の表示では、図17に示すように、当該スイングのスイング軌跡30に併せて、比較対象のスイング軌跡30aを重畳して表示することができる。このような表示とすることにより、スイング軌跡の評価を客観的に且つ的確に行うことができる。

【0184】

また、第2の運動に係る第2のデータ45aを、当該スイングのユーザー2と異なる他のユーザーのスイングの解析データとすることができる。このように、第2のデータ45aを他のユーザーのスイングの解析データとすることにより、例えば模範とすべき他者による運動の解析データと、ユーザー2による当該スイング結果である複数の指標の解析データとの比較を行うことができ、さらに客観的且つ効率的な評価を行うことができる。

【0185】

以上説明したスイング解析(運動解析)システム1、およびユーザー2のスイング動作の動作手順(解析結果の表示方法)によれば、少なくとも二つの異なるスイングの解析データ(第1のデータ45および第2のデータ45a)を比較しながらの視認が可能となり、異なるスイングの解析データを比較しながら客観的な評価を行うことができる。これにより、解析データを比較するために、ユーザー2が画面を何度もタップするなどの操作が不要となり、煩雑さが解消され、使い勝手を向上させることができる。また、センサーユニット10を構成する慣性センサーとしての加速度センサー12および角速度センサー14の出力に基づいてスイング軌跡30などの解析データを生成する。したがって、大掛かりな撮影装置などを用いることが不要となり、ユーザー2が容易にスイング解析を行うことが可能となる。

【0186】

また、スイングの解析データのうちで、ユーザー2が表示を所望する指標を予め設定し

10

20

30

40

50

ておくため、スイング後にユーザー2の手を煩わせることなくユーザー2の得たいスイングの解析データを効率よく表示することができ、さらに使い勝手を向上させることができる。

【0187】

また、表示対象の指標の全てが一覧に配置されて表示されているため、画面の切り替え（遷移）をしなくても、全ての解析データを一画面で視認することができ、効率的な運動の解析を行うことができる。

【0188】

また、一覧に表示される指標のいずれかを指定し、例えば指定された指標の詳細データなどを表示する他の表示画面に切り替えることができ、より効率的な表示とすることができる。これにより、効率的な運動の解析を行うことができる。

10

【0189】

1-6. 運動解析表示装置の他の構成

(ヘッドマウントディスプレイ(HMD))

次に、図18を参照して、運動解析表示装置20として、頭部装着型のヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いた例を説明する。図18は、運動解析表示装置としての、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)の一例を示す斜視図である。

【0190】

図18に示すように、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)500は、ユーザー2の頭部に装着される眼鏡本体501を有する。眼鏡本体501には、表示部502が設けられている。表示部502は、画像表示部503から射出した光束を、外界からユーザー2の眼に向かう光束に統合することで、ユーザー2から見た外界の実像に画像表示部503の虚像を重畳させる。

20

【0191】

表示部502には、例えば、LCD(液晶ディスプレイ)等の画像表示部503と、第1ビームスプリッター504と、第2ビームスプリッター505と、第1凹状反射ミラー506と、第2凹状反射ミラー507と、シャッター508と、凸状レンズ509とが備えられる。

【0192】

第1ビームスプリッター504は、ユーザー2の左眼の正面に配置され、画像表示部503から射出した光を、部分透過および部分反射させる。また、第2ビームスプリッター505は、ユーザー2の右眼の正面に配置され、第1ビームスプリッター504からの部分透過光を、部分透過および部分反射させる。

30

【0193】

第1凹状反射ミラー506は、第1ビームスプリッター504の正面に配置され、第1ビームスプリッター504の部分反射光を部分反射させて、第1ビームスプリッター504を透過させてユーザー2の左眼に導く。また、第2凹状反射ミラー507は、第2ビームスプリッター505の正面に配置され、第2ビームスプリッター505の部分反射光を部分反射させて、第2ビームスプリッター505を透過させてユーザー2の右眼に導く。

40

【0194】

凸状レンズ509は、シャッター508が開放された時に第2ビームスプリッター505の部分透過光を、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)500の外部に導く。

【0195】

このようなヘッドマウントディスプレイ(HMD)500には、前述の表示例に示されているような、ユーザー2の一連のスイング動作における解析情報(図14、図16参照)、スイング動作を近似するスイング軌跡30(図15、図17参照)などのスイング情報などが表示される。なお、表示内容については、前述の表示例と同様であるので詳細な説明は省略する。

【0196】

以上のヘッドマウントディスプレイ(HMD)500によれば、頭部に装着されて表示

50

が行われるため、ユーザー 2 は、自分のスイング情報や手元 2 a の姿勢（位置）情報を、情報の表示される表示部 2 5 を備えた運動解析表示装置 2 0 などを手で持つことなく確認することができる。

【0197】

なお、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）500 は、運動解析表示装置 20 の機能を備え、センサーユニット 10 の計測データに基づいたスイング解析やスイング情報の表示を行ってもよいし、別体の運動解析表示装置 20 から送信された画像データを表示する表示部として用いてもよい。なお、運動解析表示装置（表示装置）20 の機能とは、前述したような、処理部 21（処理部の一例）、通信部 22、操作部 23、記憶部 24、表示部 25、音出力部 26、および撮影部 27 を含む。

10

【0198】

（腕装着型の解析表示装置）

次に、図 19 を参照して、運動解析表示装置として、ウェアラブル型（身体装着型）の一例として腕装着型の解析表示装置を用いた例を説明する。図 19 は、ウェアラブル型の一例としての腕装着型の運動解析表示装置を示す斜視図である。

【0199】

図 19 に示すように、ウェアラブル型（腕装着型）の解析表示装置 600 は、ユーザー（被験者）2（図 1 参照）の所与の部位（本例では、手首）に装着され、センサーユニット 10（図 1 参照）の計測データに基づいたスイング解析やスイング情報の表示を行う。解析表示装置 600 は、ユーザー 2 に装着されてスイング解析やユーザー 2 の手元 2 a（図 1 参照）の姿勢情報などのスイング解析情報を表示する機器本体 610 と、機器本体 610 に取り付けられ機器本体 610 をユーザー 2 に装着するためのバンド部 615 と、を有する。

20

【0200】

解析表示装置 600 の機器本体 610 は、ユーザー 2 への装着側にボトムケース 613 が配置され、ユーザー 2 への装着側と反対側には、トップケース 611 が配置されている。機器本体 610 のトップ側（トップケース 611）には、ベゼル 618 が設けられるとともに、このベゼル 618 の内側に配置されて内部構造を保護する天板部分（外壁）としてのガラス板 619 が設けられている。また、ボトムケース 613 の両側には、バンド部 615 との接続部である一对のバンド装着部 617 が設けられている。

30

【0201】

機器本体 610 は、ガラス板 619 の直下に、液晶ディスプレイ（LCD 634）などの表示部を備えている。ユーザー 2 は、ガラス板 619 を介して、液晶ディスプレイ（LCD 634）などに表示されたスイング解析情報やユーザー 2 の手元 2 a の姿勢情報などを閲覧することができる。また、機器本体 610 は、図 4 を参照して前述した実施形態の運動解析表示装置 20 と同様に、処理部 21、通信部 22、操作部 23、記憶部 24、表示部 25、音出力部 26、および撮影部 27 を含むことができる。なお、表示部 25 が、本例の液晶ディスプレイ（LCD 634）などの表示部に相当する。

【0202】

液晶ディスプレイ（LCD 634）の表示部には、前述の表示例に示されているような、ユーザー 2 の一連のスイング動作における解析情報（図 14、図 16 参照）、スイング動作を近似するスイング軌跡 30（図 15、図 17 参照）などのスイング情報などが表示される。なお、表示内容については、前述の表示例と同様であるので詳細な説明は省略する。

40

【0203】

また、液晶ディスプレイ（LCD 634）の表示部には、スイング解析結果に基づく他のアドバイス情報、例えば、ユーザー 2 のスイングタイプを表すテキストイメージやユーザー 2 のスイングタイプに適したアドバイス（練習方法など）を表すテキストイメージなどを表示してもよい。また、液晶ディスプレイ（LCD 634）の表示部には、ビデオ映像として動画を表示することとしてもよい。

50

【0204】

なお、上述では、機器本体610の天板部分をガラス板619により実現する例を示したが、LCD634を閲覧可能な透明部材であり、LCD634などのトップケース611とボトムケース613の内部に含まれる構成を保護可能な程度の強度を有する部材であれば、透明のプラスチック等、ガラス以外の材料により天板部分を構成することが可能である。また、ベゼル618が設けられた構成例を示したが、ベゼル618の設けられていない構成であってもよい。

【0205】

以上のウェアラブル型（腕装着型）の解析表示装置600によれば、腕部に装着されて表示が行われるため、ユーザー2は、自分のスイング情報や手元2aの姿勢（位置）情報などの必要な情報を、情報の表示される表示部（液晶ディスプレイ（LCD634））を、手で持つことなく確認することができる。

10

【0206】

なお、ウェアラブル型（腕装着型）の解析表示装置600は、前述の運動解析表示装置20の機能を備え、センサーユニット10の計測データに基づいたスイング解析やスイング情報の表示を行ってもよいし、別体の運動解析表示装置20から送信された画像データを表示する表示部として用いてもよい。なお、運動解析表示装置（表示装置）20の機能とは、前述の実施形態の運動解析表示装置20で説明したような、処理部21（処理部の一例）、通信部22、操作部23、記憶部24、表示部25、音出力部26、および撮影部27を含む。

20

【0207】

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、方法および結果が同一の構成、あるいは目的およ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、また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。

【符号の説明】

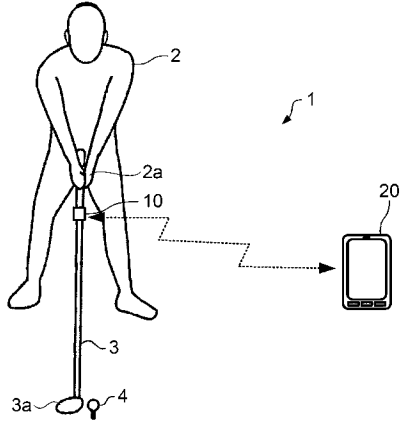
【0208】

1...スイング解析システム、2...被験者としてのユーザー、2a...ユーザーの手元、3...ゴルフクラブ、3a...ヘッド、4...ターゲットとしてのゴルフボール、10...計測部としてのセンサーユニット、12...慣性センサーとしての加速度センサー、14...慣性センサーとしての角速度センサー、16...信号処理部、18...通信部、20...運動解析表示装置（表示装置）、21...処理部、22...通信部、23...入力部としての操作部、24...記憶部、25...表示部、26...音出力部、27...撮影部、30、30a...スイング軌跡、36...マーク、37...小窓、38...指標、39...指標、45...第1のデータ、45a...第2のデータ、46...回転・トップの指標、210...データ取得部、211...スイング診断部、215...スイング解析部、216...画像データ生成部、217...記憶処理部、218...表示処理部、219...音出力処理部、240...スイング解析プログラム、242...ゴルフクラブ情報、244...身体情報、246...センサー装着位置情報、500...ヘッドマウントディスプレイ（HMD）、600...ウェアラブル型（腕装着型）の解析表示装置。

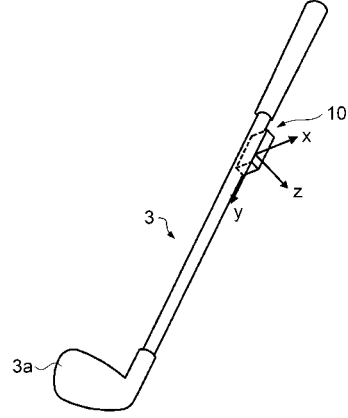
30

40

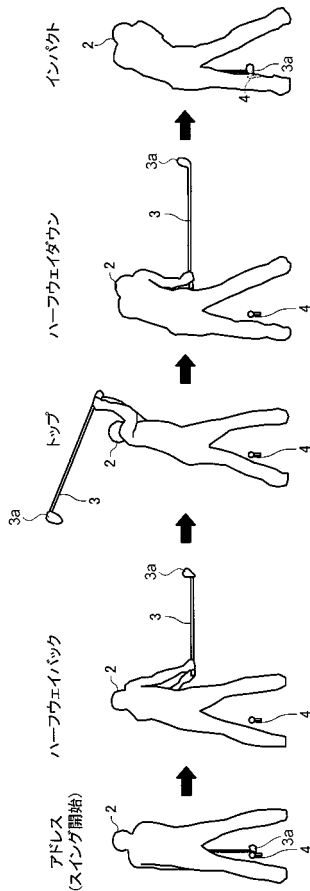
【 図 1 】



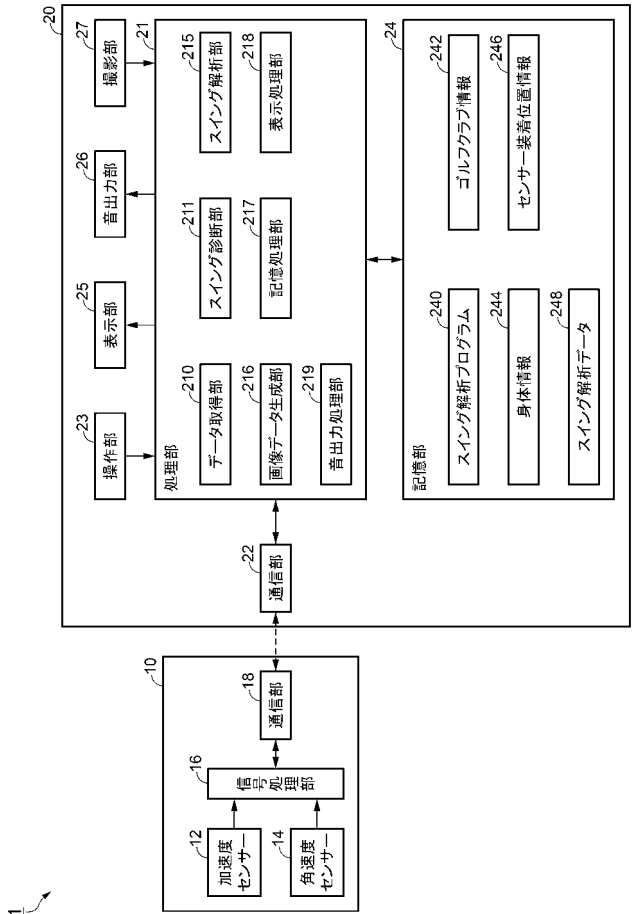
【 図 2 】



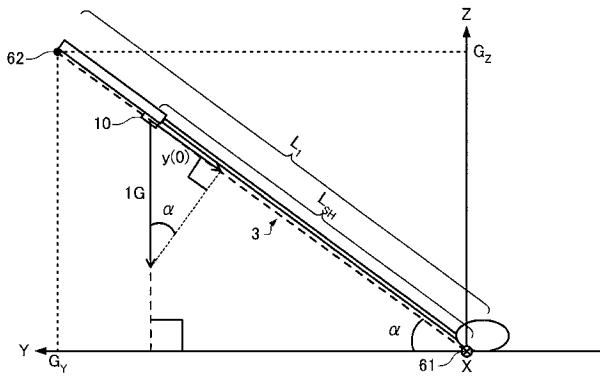
【 図 3 】



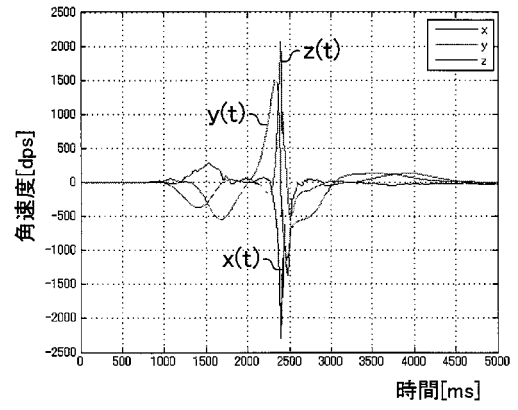
【 図 4 】



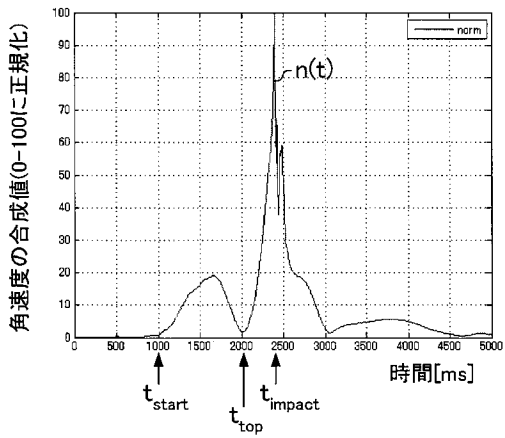
【 図 5 】



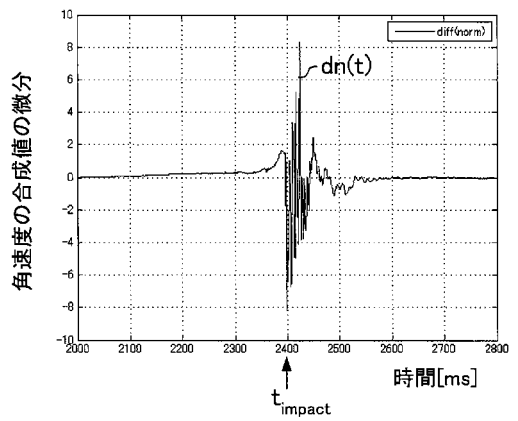
【 図 6 】



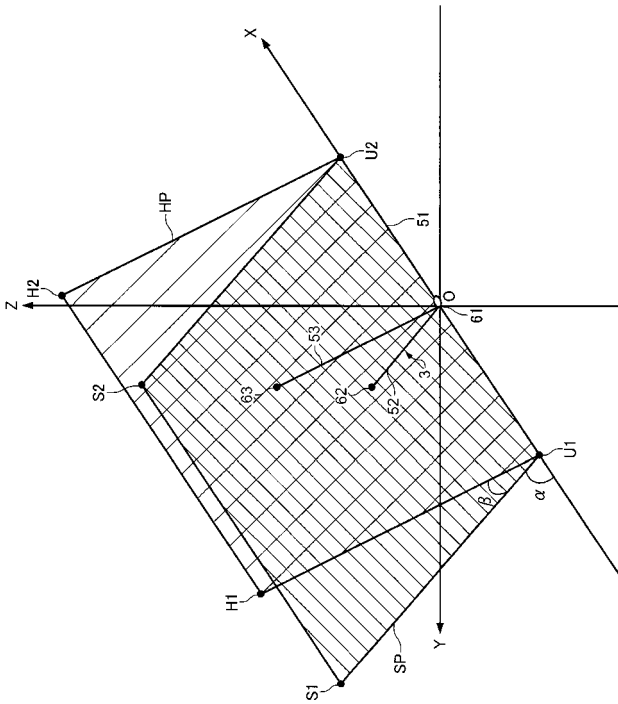
【 図 7 】



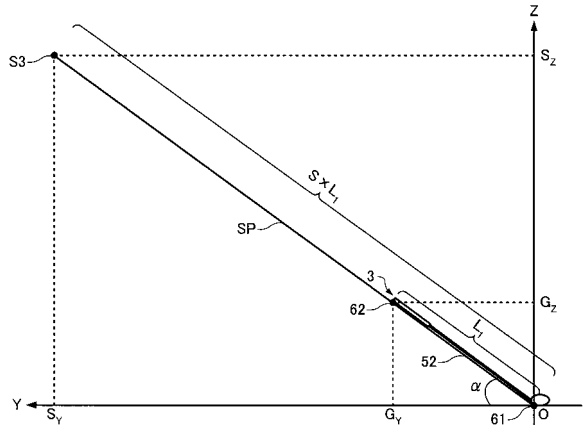
【 図 8 】



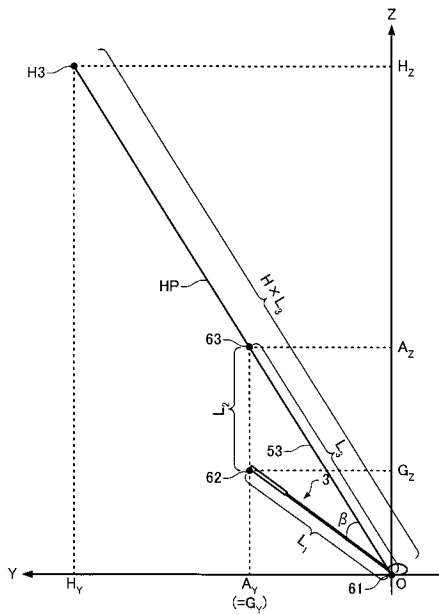
【 図 9 】



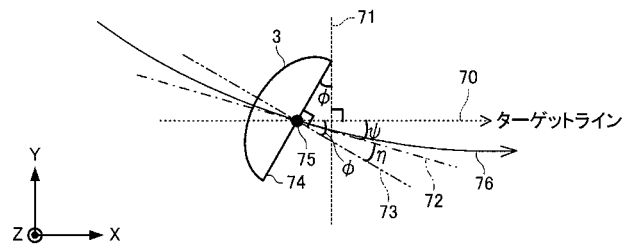
【 図 10 】



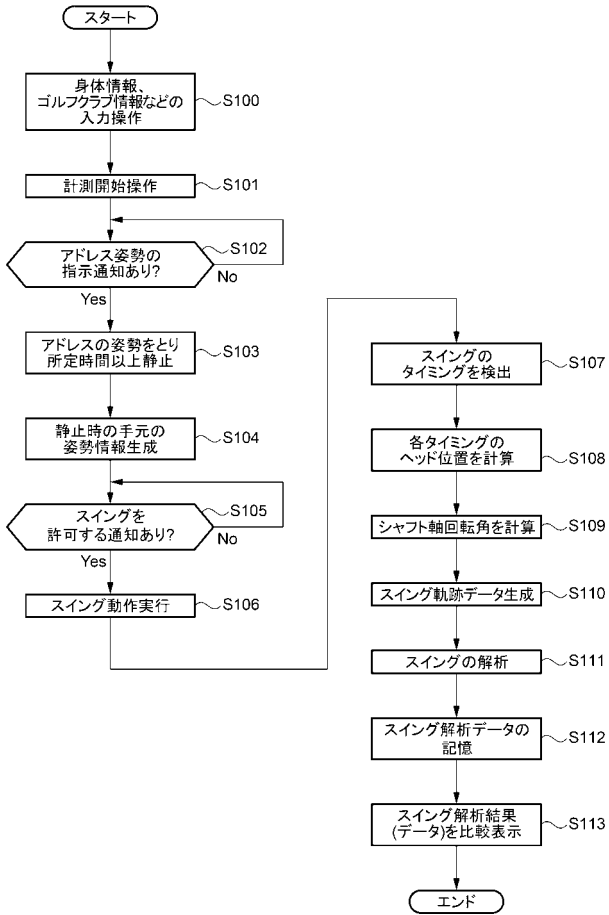
【 図 11 】



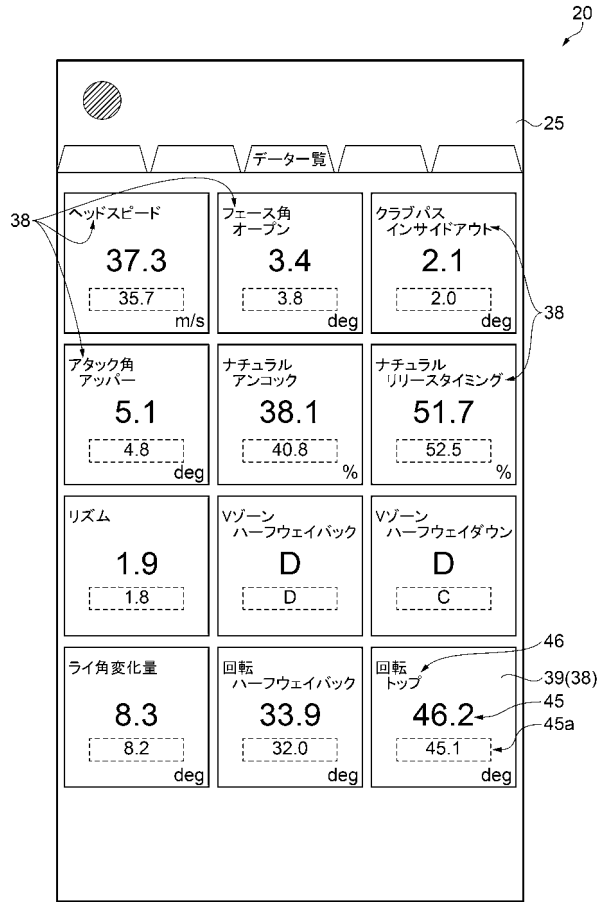
【 図 12 】



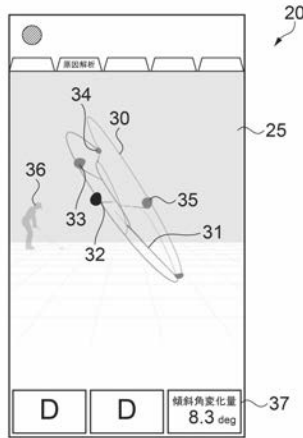
【図13】



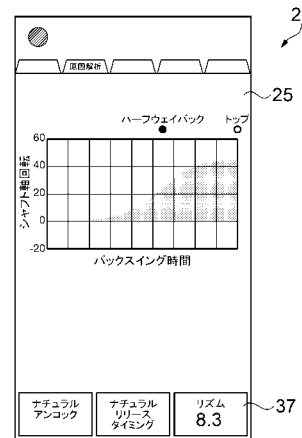
【図14】



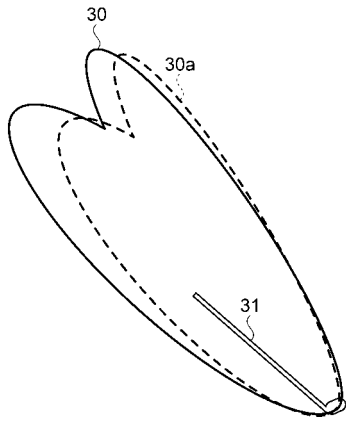
【図15】



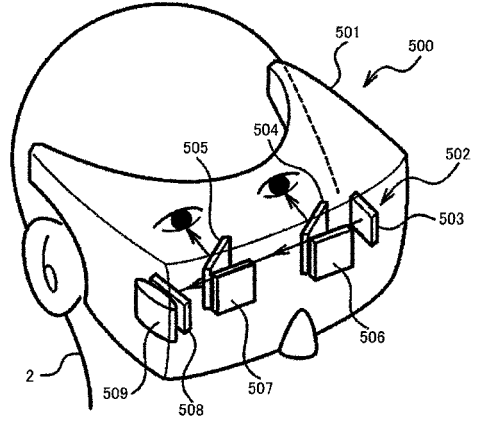
【図16】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】

