

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6547300号
(P6547300)

(45) 発行日 令和1年7月24日(2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日(2019.7.5)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 3 B 69/36 (2006.01)

A 6 3 B 69/36 5 4 1 P

A 6 3 B 69/00 (2006.01)

A 6 3 B 69/00 Z

請求項の数 9 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2015-4347 (P2015-4347)
 (22) 出願日 平成27年1月13日 (2015.1.13)
 (65) 公開番号 特開2016-129565 (P2016-129565A)
 (43) 公開日 平成28年7月21日 (2016.7.21)
 審査請求日 平成30年1月10日 (2018.1.10)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 110000198
 特許業務法人湘洋内外特許事務所
 (72) 発明者 石川 真己
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内

審査官 宮本 昭彦

最終頁に続く

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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

運動器具を用いたスイングを解析する運動解析装置であって、
 運動器具のシャフト部の軸の回りに発生する角速度を取得する取得部と、
 スイングにおける打球のインパクトを検出する検出部と、
 前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定し
 た基準位置から打球の位置までの距離を算出する算出部と、
 を有し、
 前記算出部は、予め取得された、前記インパクトに発生する前記角速度と前記基準位置
 から打球の位置までの距離との相関関係を示した関係情報を参照して、前記距離を算出する、

10

ことを特徴とする運動解析装置。

【請求項2】

請求項1に記載の運動解析装置であって、
 前記関係情報の角速度は、予め取得された、運動器具の打球部のインパクト時のスピー
 ドで除算されており、
 前記算出部は、前記インパクトに発生する前記角速度を、スイングされた運動器具の打
 球部のインパクト時のスピードで除算し、除算して得られた値に基づいて前記関係情報を
 参照して、前記距離を算出する、

ことを特徴とする運動解析装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の運動解析装置であって、
前記関係情報は、予め運動器具の打球部の形状に応じて取得され、
前記算出部は、スイングされた運動器具の打球部の形状に応じた前記関係情報を参照して前記距離を算出する、
ことを特徴とする運動解析装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の運動解析装置であって、
前記関係情報の角速度は、予め取得されたテークバック距離で除算されており、
前記算出部は、前記インパクトに発生する前記角速度を、スイングされた運動器具のテークバック距離で除算し、除算して得られた値に基づいて前記関係情報を参照して、前記距離を算出する、
ことを特徴とする運動解析装置。 10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の運動解析装置であって、
前記関係情報の角速度は、予め取得されたテークバック角度で除算されており、
前記算出部は、前記インパクトに発生する前記角速度を、スイングされた運動器具のテークバック角度で除算し、除算して得られた値に基づいて前記関係情報を参照して、前記距離を算出する、
ことを特徴とする運動解析装置。 20

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の運動解析装置であって、
前記算出部は、前記インパクト前の前記角速度の平均値を算出し、前記インパクトに発生する前記角速度から前記平均値を減算した値に基づいて前記距離を算出する、
ことを特徴とする運動解析装置。

【請求項 7】

運動器具のシャフト部の軸の回りに発生する角速度を取得する取得工程と、
スイングにおける打球のインパクトを検出する検出工程と、
前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する算出工程と、
を含み、
前記算出工程は、予め取得された、前記インパクトに発生する前記角速度と前記基準位置から打球の位置までの距離との相関関係を示した関係情報を参照して、前記距離を算出する、
ことを特徴とする運動解析方法。 30

【請求項 8】

運動器具のシャフト部の軸の回りに発生する角速度を取得する取得工程と、
スイングにおける打球のインパクトを検出する検出工程と、
前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する算出工程と、
をコンピューターに実行させ、
前記算出工程は、予め取得された、前記インパクトに発生する前記角速度と前記基準位置から打球の位置までの距離との相関関係を示した関係情報を参照して、前記距離を算出する、
ことを特徴とするプログラム。 40

【請求項 9】

運動器具のシャフト部の軸の回りの角速度を計測する慣性センサーと、
前記運動器具を用いたスイングを解析する運動解析装置と、を有する運動解析システムであって、
前記運動解析装置は、 50

前記角速度を取得する取得部と、
スイングにおける打球のインパクトを検出する検出部と、
前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する算出部と、
を有し、

前記算出部は、予め取得された、前記インパクトに発生する前記角速度と前記基準位置から打球の位置までの距離との相関関係を示した関係情報を参照して、前記距離を算出する、

ことを特徴とする運動解析システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

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

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、運動器具のシャフト軸回りの回転を計測し、回転量に基づき、打球がスイートスポットに入ったかどうか判定することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2012-130415号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、ユーザーは、打球がスイートスポットに入ったか否か把握することができる。しかし、ユーザーは、打球がスイートスポットからどのくらい外れているか具体的に知りたい。

【0005】

そこで本発明は、打球が運動器具の打球面に設定された基準位置からどのくらいずれているか把握することができる技術を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するための本発明の第一の態様は、運動器具を用いたスイングを解析する運動解析装置であって、運動器具のシャフト部の軸の回りに発生する角速度を取得する取得部と、スイングにおける打球のインパクトを検出する検出部と、前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する算出部と、を有することを特徴とする運動解析装置である。第一の態様によれば、ユーザーは、運動器具の打球面に設定した基準位置からの打球位置のずれを把握することができる。

40

【0007】

前記算出部は、予め取得された、インパクトに発生する角速度と基準位置から打球の位置までの距離との相関関係を示した関係情報を参照して、前記距離を算出する、ことを特徴としてもよい。これにより、算出部は、関係情報を用いて打球位置の距離を算出できる。

【0008】

前記関係情報の角速度は、予め取得された、運動器具の打球部のインパクト時のスピードで除算されており、前記算出部は、前記インパクトに発生する前記角速度を、スイングされた運動器具の打球部のインパクト時のスピードで除算し、除算して得られた値に基づいて前記関係情報を参照して、前記距離を算出する、ことを特徴としてもよい。これによ

50

り、運動解析装置は、より正確な打球位置の距離を算出することができる。

【0009】

前記関係情報は、予め運動器具の打球部の形状に応じて取得され、前記算出部は、スイングされた運動器具の打球部の形状に応じた前記関係情報を参照して前記距離を算出する、ことを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、運動器具の形状に応じた、より正確な打球位置の距離を算出することができる。

【0010】

前記関係情報の角速度は、予め取得されたテークバック距離で除算されており、前記算出部は、前記インパクトに発生する前記角速度を、スイングされた運動器具のテークバック距離で除算し、除算して得られた値に基づいて前記関係情報を参照して、前記距離を算出する、ことを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、より正確な打球位置の距離を算出することができる。

10

【0011】

前記関係情報の角速度は、予め取得されたテークバック角度で除算されており、前記算出部は、前記インパクトに発生する前記角速度を、スイングされた運動器具のテークバック角度で除算し、除算して得られた値に基づいて前記関係情報を参照して、前記距離を算出する、ことを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、より正確な打球位置の距離を算出することができる。

【0012】

前記算出部は、前記インパクト前の前記角速度の平均値を算出し、前記インパクトに発生する前記角速度から前記平均値を減算した値に基づいて前記距離を算出する、ことを特徴としてもよい。これにより、運動解析装置は、より正確な打球位置の距離を算出することができる。

20

【0013】

上記の課題を解決するための本発明の第二の態様は、運動器具のシャフト部の軸の回りに発生する角速度を取得する工程と、スイングにおける打球のインパクトを検出する工程と、前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する工程と、を含むことを特徴とする運動解析方法である。第二の態様によれば、ユーザーは、運動器具の打球面に設定した基準位置からの打球位置のずれを把握することができる。

30

【0014】

上記の課題を解決するための本発明の第三の態様は、運動器具のシャフト部の軸の回りに発生する角速度を取得する工程と、スイングにおける打球のインパクトを検出する工程と、前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する工程と、をコンピューターに実行させることを特徴とするプログラムである。第三の態様によれば、ユーザーは、運動器具の打球面に設定した基準位置からの打球位置のずれを把握することができる。

【0015】

上記の課題を解決するための本発明の第四の態様は、運動器具のシャフト部の軸の回りの角速度を計測する慣性センサーと、前記角速度を取得する取得部と、スイングにおける打球のインパクトを検出する検出部と、前記インパクトに発生する前記角速度に基づいて、運動器具の打球部の打球面に設定した基準位置から打球の位置までの距離を算出する算出部と、を有する運動解析装置と、を有することを特徴とする運動解析システムである。第四の態様によれば、ユーザーは、運動器具の打球面に設定した基準位置からの打球位置のずれを把握することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る運動解析システムの概要を示す図である。

【図2】ゴルフクラブのヘッドの打球位置を説明する図である。

【図3】運動解析システムの構成の一例を示すブロック図である。

50

【図 4】センサーユニットから出力される角速度の一例を示す図である。

【図 5】角速度のノルムの一例を示す図である。

【図 6】角速度のノルムの微分値の一例を示す図である。

【図 7】関係情報の一例を示した図である。

【図 8】図 7 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 9】運動解析装置の動作の一例を示したフローチャートである。

【図 10】表示部に表示される画面の一例を示した図である。

【図 11】第 2 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。

【図 12】図 11 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 13】第 3 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。

【図 14】図 13 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 15】他のタイプの関係情報の一例を示した図である。

【図 16】図 15 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 17】運動解析装置の動作の一例を示したフローチャートである。

【図 18】第 4 の実施の形態に係る関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 19】第 5 の実施の形態に係る水平方向の打点測定値の補正を説明する図である。

【図 20】関係情報の一例を示した図である。

【図 21】図 20 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 22】ライ角に所定の角度を加算した場合の関係情報の一例を示した図である。

【図 23】図 22 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 24】第 6 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。

【図 25】図 24 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 26】第 7 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。

【図 27】図 26 の関係情報の一例をグラフ化した図である。

【図 28】第 8 の実施の形態に係る角速度算出を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

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

【0018】

[第 1 の実施の形態]

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る運動解析システムの概要を示す図である。

【0019】

運動解析システム 1 は、センサーユニット 10 と、運動解析装置 20 とを備える。

【0020】

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

【0021】

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

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

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

10

【 0 0 2 3 】

運動解析装置 20 は、センサーユニット 10 が計測したデータを用いて、ゴルフクラブ 3 のヘッドの、水平方向（左右方向）におけるボールの打球位置を解析する。運動解析装置 20 は、解析した打球位置の情報を含む画像データを生成し、当該画像データに応じた画像を表示部に表示させる。

【 0 0 2 4 】

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

20

【 0 0 2 5 】

図 2 は、ゴルフクラブのヘッドの打球位置を説明する図である。図 2 には、ゴルフクラブ 3 のシャフト部 3 a の一部と、打球部（ヘッド）3 b とが示してある。打球部 3 b は、ボールを打球する打球面 3 c を有している。ゴルフクラブ 3 は、例えば、パターである。

【 0 0 2 6 】

図 2 に示す一点鎖線 A 1 は、ゴルフクラブ 3 の打球面 3 c の、水平方向におけるスイートスポットを示している。一般的に、一点鎖線 A 1 に示すスイートスポットでボールをとらえることができれば、ユーザー 2 は、ボールをまっすぐにスムーズに転がすことができる。

【 0 0 2 7 】

図 2 には、水平方向に平行な h 軸が示してある。図 2 では、h 軸とスイートスポットとが交わる点を、h 軸の原点（0）としている。また、図 2 では、h 軸の原点から、紙面右方向（シャフト部 3 a の方向）を負とし、h 軸の原点から、紙面左方向（シャフト部 3 a とは反対の方向）を正としている。

30

【 0 0 2 8 】

図 2 の矢印 A 2 は、シャフト部 3 a の長軸回りの回転を示している。インパクト時における、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度は、スイートスポットからの、ボールの打球位置のずれと相関関係が認められる。

【 0 0 2 9 】

例えば、インパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの角速度は、一般的にボールの打球位置「h」の絶対値が大きいほど大きくなる。例えば、ボールの打球位置が、水平方向において一点鎖線 A 1 から離れるほど、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度は、一般的に大きくなる。

40

【 0 0 3 0 】

また、インパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの回転方向は、一般的にボールの打球位置「h」の正負の符号によって反転する。例えば、ボールの打球位置「h」の値が正の場合、シャフト部 3 a の長軸回りの回転方向は、一般的に矢印 A 2 に示す方向と反対方向（打球面 3 c がオープンする方向）となる。

【 0 0 3 1 】

このように、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度は、スイートスポットからの、ボール

50

の打球位置のずれと相関関係が認められる。つまり、運動解析装置 20 は、インパクト時におけるシャフト部 3a の長軸回りの角速度を用いて、打球面 3c の水平方向（h 軸方向）における、ボールの打球位置を算出することができる。以下では、シャフト部 3a の長軸回りの角速度は、矢印 A2 の方向（打球面 3c がオープンする方向）を「正」とする。

【0032】

図 3 は、運動解析システムの構成の一例を示すブロック図である。センサーユニット 10 は、制御部 11、通信部 12、加速度センサー 13、及び角速度センサー 14 を有している。

【0033】

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

【0034】

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

【0035】

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

【0036】

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

【0037】

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

【0038】

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

【0039】

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

【0040】

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

【0041】

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

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

操作部 2 3 は、ユーザーからの操作データを取得し、制御部 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。

【 0 0 4 3 】

記憶部 2 4 は、例えば、R O M (Read Only Memory) やフラッシュ R O M、R A M (Random Access Memory) 等の各種 I C 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。

【 0 0 4 4 】

記憶部 2 4 は、制御部 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。特に、本実施形態では、記憶部 2 4 には、制御部 2 1 によって読み出され、運動解析処理を実行するための運動解析プログラムが記憶されている。運動解析プログラムは、あらかじめ不揮発性の記録媒体に記憶されていてもよいし、制御部 2 1 がネットワークを介してサーバーから運動解析プログラムを受信して記憶部 2 4 に記憶させてもよい。

10

【 0 0 4 5 】

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

20

【 0 0 4 6 】

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

30

【 0 0 4 7 】

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

40

【 0 0 4 8 】

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

【 0 0 4 9 】

制御部 2 1 は、各種プログラムに従って、センサーユニット 1 0 に制御コマンドを送信する処理や、センサーユニット 1 0 から通信部 2 2 を介して受信したデータに対する各種の計算処理や、その他の各種の制御処理を行う。特に、本実施形態では、制御部 2 1 は、運動解析プログラムを実行することにより、センサー情報取得部 2 1 0 (本発明の取得部に相当する)、運動解析部 2 1 1 (本発明の検出部に相当する)、算出部 2 1 2、画像生

50

成部 2 1 3、及び出力処理部 2 1 4 として機能する。

【 0 0 5 0 】

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

【 0 0 5 1 】

センサー情報取得部 2 1 0 は、通信部 2 2 がセンサーユニット 1 0 から受信したパケットデータを受け取り、受け取ったパケットデータから時刻情報及び計測データを取得する。取得した計測データには、ユーザー 2 のスイングにより発生する、ゴルフクラブ 3 のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度が含まれている。また、センサー情報取得部 2 1 0 は、取得した時刻情報と計測データを対応づけて記憶部 2 4 に記憶させる。

10

【 0 0 5 2 】

運動解析部 2 1 1 は、センサーユニット 1 0 が出力する計測データを用いて、ユーザー 2 のスイング運動を解析する処理を行う。具体的には、運動解析部 2 1 1 は、まず、記憶部 2 4 に記憶された、ユーザー 2 の静止時 (アドレス時) の計測データ (加速度データ及び角速度データ) を用いて、計測データに含まれるオフセット量を計算する。次に、運動解析部 2 1 1 は、記憶部 2 4 に記憶された、スイング開始後の計測データからオフセット量を減算してバイアス補正し、バイアス補正された計測データを用いて、ユーザー 2 のスイング動作中のセンサーユニット 1 0 の位置及び姿勢を計算する。

20

【 0 0 5 3 】

例えば、運動解析部 2 1 1 は、加速度センサー 1 3 が計測した加速度データ、クラブ仕様情報及びセンサー装着位置情報を用いて、X Y Z 座標系 (例えば、ユーザー 2 の静止時 (アドレス時) の打球部 3 b の位置を原点とし、打球の目標方向を X 軸、X 軸に垂直な水平面上の軸を Y 軸、鉛直上方向を Z 軸とした座標系、以下、グローバル座標系ともいう) におけるユーザー 2 の静止時のセンサーユニット 1 0 の位置 (初期位置) を計算し、その後の加速度データを積分してセンサーユニット 1 0 の初期位置からの位置の変化を時系列に計算する。ユーザー 2 は所定のアドレス姿勢で静止するので、センサーユニット 1 0 の初期位置の X 座標は 0 である。さらに、センサーユニット 1 0 の y 軸はゴルフクラブ 3 のシャフトの長軸方向と一致し、ユーザー 2 の静止時には、加速度センサー 1 3 は重力加速度のみを計測するので、運動解析部 2 1 1 は、y 軸加速度データを用いてシャフトの傾斜角 (水平面 (X Y 平面) あるいは鉛直面 (X Z 平面) に対する傾き) を計算することができる。そして、運動解析部 2 1 1 は、シャフトの傾斜角、クラブ仕様情報 (シャフトの長さ) 及びセンサー装着位置情報 (グリップエンドからの距離) を用いて、センサーユニット 1 0 の初期位置の Y 座標及び Z 座標を計算し、センサーユニット 1 0 の初期位置を特定することができる。あるいは、運動解析部 2 1 1 は、ゴルフクラブ 3 のグリップエンドの位置の座標とセンサー装着位置情報 (グリップエンドからの距離) を用いて、センサーユニット 1 0 の初期位置の座標を計算してもよい。

30

40

【 0 0 5 4 】

また、運動解析部 2 1 1 は、加速度センサー 1 3 が計測した加速度データを用いて、X Y Z 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 1 0 の姿勢 (初期姿勢) を計算し、その後の角速度センサー 1 4 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 1 0 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 1 0 の姿勢は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸回りの回転角 (ロール角、ピッチ角、ヨー角)、オイラー角、クォータニオン (四元数) などで表現することができる。ユーザー 2 の静止時には、加速度センサー 1 3 は重力加速度のみを計測するので、運動解析部 2 1 1 は、3 軸加速度データを用いて、センサーユニット 1 0 の x 軸、y 軸、z 軸の各々と重力方向とのなす角度を特定することができる。さらに、ユ

50

ーザー 2 は所定のアドレス姿勢で静止するので、ユーザー 2 の静止時において、センサーユニット 10 の y 軸は YZ 平面上にあるため、運動解析部 211 は、センサーユニット 10 の初期姿勢を特定することができる。

【0055】

なお、センサーユニット 10 の信号処理部が、計測データのオフセット量を計算し、計測データのバイアス補正を行うようにしてもよいし、加速度センサー 13 及び角速度センサー 14 にバイアス補正の機能が組み込まれていてもよい。これらの場合は、運動解析部 211 による計測データのバイアス補正が不要となる。

【0056】

また、運動解析部 211 は、身体情報（ユーザー 2 の身長（腕の長さ））、クラブ仕様情報（シャフトの長さや重心の位置）、センサー装着位置情報（グリップエンドからの距離）、ゴルフクラブ 3 の特徴（剛体である等）、人体の特徴（関節の曲がる方向が決まっている等）などを考慮した運動解析モデル（二重振子モデル等）を定義し、この運動解析モデルとセンサーユニット 10 の位置及び姿勢の情報とを用いて、ユーザー 2 のスイングにおけるゴルフクラブ 3 の軌跡を計算する。

【0057】

また、運動解析部 211 は、記憶部 24 に記憶された時刻情報と計測データを用いて、ユーザー 2 のスイング動作の期間において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、運動解析部 211 は、センサーユニット 10 が出力する計測データ（加速度データ又は角速度データ）の合成値を計算し、当該合成値に基づいてユーザー 2 が打球したタイミング（時刻）を特定する。

【0058】

また、運動解析部 211 は、運動解析モデルとセンサーユニット 10 の位置及び姿勢の情報とを用いて、バックスイングからフォロースルーまでのヘッドスピード、打球時の入射角（クラブパス）やフェース角、シャフトローテーション（スイング中のフェース角の変化量）、ゴルフクラブ 3 の減速率などの情報、あるいは、ユーザー 2 が複数回のスイングを行った場合のこれら各情報のばらつきの情報等も生成する。

【0059】

また、運動解析部 211 は、センサーユニット 10 から取得した計測データを用いて、スイングの開始から終了までの一連の動作（「リズム」ともいう）、例えば、スイングの開始から、バックスイング、トップ、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー、スイングの終了までを検出する。具体的なリズムの検出手順は、特に限定されないが、例えば下記のような手順を採用することができる。

【0060】

まず、運動解析部 211 は、取得した時刻 t 毎の角速度データを用いて、各時刻 t での各軸回りの角速度の大きさの和（ノルムという）を計算する。また、運動解析部 211 は、各時刻 t での角速度のノルムを時間で微分してもよい。

【0061】

ここで、3 軸（x 軸、y 軸、z 軸）の軸回りの角速度が、例えば図 4（センサーユニットから出力される角速度の一例を示す図）に示すようなグラフに表れる場合を考える。図 4 では、横軸が時間（ms ec）、縦軸が角速度（dps）である。また、角速度のノルムは、例えば図 5（角速度のノルムの一例を示す図）に示すようなグラフに表れる。図 5 では、横軸が時間（ms ec）、縦軸が角速度のノルムである。また、角速度のノルムの微分値は、例えば図 6（角速度のノルムの微分値の一例を示す図）に示すようなグラフに表れる。図 6 では、横軸が時間（ms ec）、縦軸が角速度のノルムの微分値である。なお、図 4～図 6 は、本実施形態を理解し易くするためのものであり、正確な値を示しているわけではない。

【0062】

運動解析部 211 は、計算した角速度のノルムを用いて、スイングにおけるインパクトのタイミングを検出する。運動解析部 211 は、例えば、角速度のノルムが最大となるタ

10

20

30

40

50

イミングをインパクトのタイミングとして検出する（図5のT5）。または、運動解析部211は、例えば、計算した角速度のノルムの微分の値が最大となるタイミングと最小となるタイミングのうち、先のタイミングをインパクトのタイミングとして検出するようにしてもよい（図6のT5）。

【0063】

また、運動解析部211は、例えば、インパクトより前で、計算した角速度のノルムが極小となるタイミングをスイングのトップのタイミングとして検出する（図5のT3）。また、運動解析部211は、例えば、インパクトより前で角速度のノルムが第1閾値以下の連続した期間をトップ期間（トップでの溜めの期間）として特定する（図5のT2～T4）。

10

【0064】

また、運動解析部211は、例えば、トップより前で、角速度のノルムが第2閾値以下となるタイミングをスイングの開始のタイミングとして検出する（図5のT1）。

【0065】

また、運動解析部211は、例えば、インパクトより後で、角速度のノルムが極小となるタイミングをスイングの終了（フィニッシュ）のタイミングとして検出する（図5のT7）。または、運動解析部211は、例えば、インパクトより後で、角速度のノルムが第3閾値以下となる最初のタイミングをスイングの終了（フィニッシュ）のタイミングとして検出するようにしてもよい。また、運動解析部211は、例えば、インパクトのタイミングより後で且つインパクトのタイミングに接近し、角速度のノルムが第4閾値以下となる連続した期間をフィニッシュ期間として特定する（図5のT6～T8）。

20

【0066】

上記のようにして、運動解析部211は、スイングのリズムを検出することができる。また、運動解析部211は、リズムを検出することにより、スイング中の各期間（例えば、スイング開始からトップ開始までのバックスイング期間、トップ終了からインパクトまでのダウンスイング期間、インパクトからスイング終了までのフォロースルー期間）を特定することができる。

【0067】

図3の説明に戻る。算出部212は、インパクト時における、シャフト部3aの長軸回りの角速度に基づいて、打球面3cに設定した基準線（本発明の基準位置に相当する）からの打球位置のずれ量（基準線から打球位置までの距離）を算出する。例えば、以下でも説明するが、記憶部24には、ゴルフクラブ3の長軸回りの角速度と、打球位置のずれ量との関係を示した情報（以下、関係情報と呼ぶことがある）が予め記憶されており、算出部212は、記憶部24に記憶された関係情報を参照して、打球面3cに設定した基準線からの打球位置のずれ量を算出する。なお、シャフト部3aの長軸回りの角速度は、上記したように、センサー情報取得部210によって取得される。また、インパクトのタイミングは、上記したように、運動解析部211によって検出される。

30

【0068】

シャフト部3aの長軸回りの角速度と、スイートスポットからのボールの打球位置のずれは、図2で説明したように相関関係が認められる。従って、関係情報は、例えば、シャフト部3aの長軸回りの角速度を独立変数とし、打球面3cに設定した基準線（例えば、スイートスポット）からの打球位置のずれ量を従属変数とした式で示すことができる。つまり、算出部212は、例えば、関係情報の独立変数に、センサー情報取得部210が取得したインパクト時におけるシャフト部3aの長軸回りの角速度を代入することによって、打球面3cに設定した基準線からの打球位置のずれ量（従属変数）を算出することができる。

40

【0069】

関係情報は、例えば、運動解析システム1の出荷前等、予め取得され、記憶部24に記憶される。例えば、関係情報を取得する取得者（例えば、運動解析システム1を製造する製造業者等）は、ゴルフクラブ3にセンサーユニット10を装着してゴルフクラブ3をス

50

イングし、打球面 3 c にボールを打球して、関係情報を取得することができる。

【 0 0 7 0 】

具体的には、取得者は、ゴルフクラブ 3 をスイングして打球面 3 c にボールを打球し、インパクト時のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を測定する。取得者は、例えば、運動解析装置 2 0 を用いて、インパクト時のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を測定することができる。

【 0 0 7 1 】

また、取得者は、打球面 3 c にボールを打球したときの、打球面 3 c に設定した基準線からの打球位置のずれ量を測定する。例えば、取得者は、ゴルフクラブ 3 の打球面 3 c に、ボールが打球したときに痕跡が残るようなマーカー等を塗布し、ゴルフクラブ 3 の打球面 3 c に設定した基準線からの打球位置のずれ量を測定する。

10

【 0 0 7 2 】

打球面 3 c に設定する基準線は、例えば、打球面 3 c のスイートスポットとする。この場合、取得者は、打球面 3 c にボールを打球したときの、スイートスポットからの打球位置のずれ量を測定する。具体的には、取得者は、図 2 の h 軸の原点に対する打球位置を測定する。これにより、算出部 2 1 2 は、打球面 3 c のスイートスポットからの、打球位置のずれ量を算出することができる。もちろん、基準線は、スイートスポットに以外に設定されてもよい。

【 0 0 7 3 】

図 7 は、関係情報の一例を示した図である。図 7 に示すように、関係情報 3 1 は、G y r o Y 3 1 a と、打点測定値 3 1 b とを有している。関係情報 3 1 は、例えば、上記したような方法によって、取得者により予め取得される。

20

【 0 0 7 4 】

G y r o Y 3 1 a は、インパクト時のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度である。

【 0 0 7 5 】

打点測定値 3 1 b は、打球面 3 c の水平方向における、スイートスポットからの打球位置のずれ量である。

【 0 0 7 6 】

例えば、図 7 の関係情報 3 1 の場合、G y r o Y 3 1 a が「 - 1 1 4 . 6 (r a d / s) 」のとき、スイートスポットからの打球位置のずれ量は「 8 (m m) 」であったことが分かる。具体的には、図 2 に示すゴルフクラブ 3 のシャフト部 3 a が、矢印 A 2 に示す方向とは反対方向に角速度「 1 1 4 . 6 (r a d / s) 」で回転したとき、一点鎖線 A 1 に示すスイートスポットからの打球位置のずれ量は「 h = + 8 (m m) 」であったことが分かる。

30

【 0 0 7 7 】

図 8 は、図 7 の関係情報の一例をグラフ化した図である。図 8 に示すグラフ G 1 の横軸は、角速度を示す。グラフ G 1 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフ G 1 に示す黒色の菱形は、図 7 の関係情報 3 1 の G y r o Y 3 1 a と打点測定値 3 1 b とを、グラフ G 1 上にプロットしたものである。

【 0 0 7 8 】

G y r o Y 3 1 a と打点測定値 3 1 b は、図 8 に示すように相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示すことができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 8 の例の場合、1 次式は、次の式 (1) で示される。

40

【 0 0 7 9 】

$$y = - 0 . 0 6 0 4 x + 2 . 4 9 4 4 \quad \dots (1)$$

【 0 0 8 0 】

寄与率は、「 $R^2 = 0 . 8 9 5 4$ 」である。

【 0 0 8 1 】

式 (1) は、例えば、上記した取得者によって予め算出され、記憶部 2 4 に記憶される。これにより、算出部 2 1 2 は、記憶部 2 4 を参照することにより、ユーザー 2 がゴルフ

50

クラブ 3 をスイングしたときの、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。例えば、算出部 2 1 2 は、ユーザー 2 がゴルフクラブ 3 でボールを打球したときの、インパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、記憶部 2 4 に記憶された式 (1) の「 x 」に代入することにより、スイートスポットからのずれ量「 y 」を算出することができる。

【 0 0 8 2 】

図 3 の説明に戻る。画像生成部 2 1 3 は、スイートスポットからのずれ量に関する情報を含む画像データを生成する処理を行う。

【 0 0 8 3 】

出力処理部 2 1 4 は、表示部 2 5 に対して各種の画像 (画像生成部 2 1 3 が生成した画像データに対応する画像の他、文字や記号等も含む) を表示させる処理を行う。例えば、出力処理部 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画像生成部 2 1 3 が生成した画像データに対応する画像を表示部 2 5 に表示させる。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、出力処理部 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、センサーユニット 1 0 の表示部に各種の画像を表示させてもよい。

【 0 0 8 4 】

また、出力処理部 2 1 4 は、音声出力部 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、出力処理部 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、所定の入力操作が行われたときに、記憶部 2 4 に記憶されている各種の情報を読み出して音声出力部 2 6 に運動解析用の音や音声を出力させてもよい。あるいは、センサーユニット 1 0 に音出力部を設けておいて、出力処理部 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。

【 0 0 8 5 】

なお、運動解析装置 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 に提示してもよい。

【 0 0 8 6 】

図 9 は、運動解析装置の動作の一例を示したフローチャートである。運動解析装置 2 0 は、例えば、ユーザー 2 がゴルフクラブ 3 をスイングすると、図 9 のフローチャートの処理を実行する。なお、記憶部 2 4 には、式 (1) に示す関係情報が予め記憶されているとする。

【 0 0 8 7 】

まず、センサー情報取得部 2 1 0 は、センサーユニット 1 0 の計測データを取得する (ステップ S 1) 。計測データには、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度が含まれている。なお、制御部 2 1 は、ユーザー 2 のスイング運動 (静止動作も含む) における最初の計測データを取得するとリアルタイムにステップ S 2 以降の処理を行ってもよいし、センサーユニット 1 0 からユーザー 2 のスイング運動における一連の計測データの一部又は全部を取得した後に、ステップ S 2 以降の処理を行ってもよい。

【 0 0 8 8 】

次に、運動解析部 2 1 1 は、ゴルフクラブ 3 のインパクトのタイミングを検出する (ステップ S 2) 。

【 0 0 8 9 】

次に、算出部 2 1 2 は、ステップ S 1 にて取得されたシャフト部 3 a の長軸回りの角速度と、ステップ S 2 にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時における、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度を取得する。そして、算出部 2 1 2 は、取得したインパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの角速度に基づいて、打球面 3 c に設定したスイートスポットからの打球位置のずれ量 (距離) を算出する (ステップ S 3) 。例えば、算出部 2 1 2 は、取得したインパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、記憶部 2 4 に記憶されている式 (1) の独立変数に代入し、打球位置のずれ

10

20

30

40

50

量を算出する。

【0090】

画像生成部213は、ステップS3にて算出されたずれ量の情報を含む画像データを生成する(ステップS4)。これにより、画像生成部213によって生成された画像データは、出力処理部214によって表示部25に表示され、ユーザー2は、打球位置のスイートスポットからのずれ量を把握することができる。

【0091】

図10は、表示部に表示される画面の一例を示した図である。画像生成部213で生成された画像データは、出力処理部214によって表示部25に出力される。図10に示す画面40は、表示部25に表示される画面例を示している。

10

【0092】

画面40には、ゴルフクラブ3の一部を模した画像が表示されている。画面40の例では、ゴルフクラブ3はパターである。

【0093】

画面40に示す一点鎖線41は、ゴルフクラブ3のスイートスポットを示している。

【0094】

画面40に示す丸42は、ボールの打球位置のヒストグラムを示している。1つの丸42の水平方向における直径は、ボールの打球位置の幅を示し、画面40の例の場合、「5mm」の幅を示している。

【0095】

20

丸42の垂直方向における数は、ボールの打球位置の頻度を示している。例えば、画面40の例の場合、打球位置「 -5 ± 2.5 (mm)」の頻度は、「2回」であることが分かる。

【0096】

斜線で示される丸42は、直近のボールの打球位置を示している。画面40の例の場合、直近のボールの打球位置は、「 $+1$ mm」なので、斜線で示される丸42は、「 0 ± 2.5 (mm)」の階級に表示されている。

【0097】

画面40の打球位置43は、直近のボールの打球位置を示している。画面40の例の場合、直近の打球位置は、スイートスポットから「 $+1$ mm」ずれていることが分かる。

30

【0098】

このように、運動解析装置20のセンサー情報取得部210は、スイングにより発生するゴルフクラブ3のシャフト部3aの、長軸回りの角速度を取得する。運動解析部211は、ゴルフクラブ3のインパクトのタイミングを検出する。そして、算出部212は、インパクト時における角速度に基づいて、ゴルフクラブ3の打球面3cに設定した基準線からの打球位置のずれ量を算出する。

【0099】

これにより、ユーザー2は、ゴルフクラブ3の打球面3cに設定した基準線からの打球位置のずれを把握することができる。

【0100】

40

また、ユーザー2は、ゴルフクラブ3の打球面3cに設定した基準線からの打球位置のずれを把握することができるので、スイング技術を向上することができる。

【0101】

また、画像生成部213は、ボールの打球位置をヒストグラムで表示する画像データを生成する。これにより、ユーザー2は、過去及び直近のスイングにおいて、ゴルフクラブ3の打球面3cのどこにボールが打球したが、簡単に把握することができる。

【0102】

なお、上記では、記憶部24には、1次式で示される関係情報を予め記憶するとしたが、これに限られない。例えば、取得者は、図7に示す関係情報31を記憶部24に記憶してもよい。そして、算出部212は、センサー情報取得部210によって取得された角速

50

度に近いずれ量を記憶部 2 4 から取得し、補完処理を行って、打球位置のずれ量を算出してもよい。

【 0 1 0 3 】

また、上記では、関係情報は、運動解析システム 1 の出荷前に記憶部 2 4 に記憶されるとしたが、これに限られない。例えば、運動解析装置 2 0 は、出荷後に製造業者等のサイト等から関係情報をダウンロードし、記憶部 2 4 に記憶するようにしてもよい。

【 0 1 0 4 】

また、上記では、加速度センサー 1 3 と角速度センサー 1 4 が、センサーユニット 1 0 に内蔵されて一体化されているが、加速度センサー 1 3 と角速度センサー 1 4 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 1 3 と角速度センサー 1 4 が、センサーユニット 1 0 に内蔵されずに、ゴルフクラブ 3 又はユーザー 2 に直接装着されてもよい。また、上記では、センサーユニット 1 0 と運動解析装置 2 0 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。

【 0 1 0 5 】

また、センサーユニット 1 0 は、LED などの発光部を有していてもよい。そして、出力処理部 2 1 4 は、算出部 2 1 2 の算出結果を、発光部に出力するようにしてもよい。例えば、出力処理部 2 1 4 は、打球位置のずれ量が、スイートスポットから所定の範囲内（例えば、 ± 2.5 (mm)）である場合、発光部から緑色などの第 1 色を発光するようにする。また、出力処理部 2 1 4 は、打球位置のずれ量が、スイートスポットから所定の範囲より大きい（例えば、 $+ 2.5$ (mm) より大きい）場合、発光部から赤色などの第 2 色を発光するようにする。また、出力処理部 2 1 4 は、打球位置のずれ量が、スイートスポットから所定の範囲より小さい（例えば、 $- 2.5$ (mm) より小さい）場合、発光部から青色などの第 3 色を発光するようにする。

【 0 1 0 6 】

また、センサーユニット 1 0 は、スピーカー等の音声出力部を有していてもよい。そして、出力処理部 2 1 4 は、算出部 2 1 2 の算出結果を、音声出力部から音声で出力するようにしてもよい。

【 0 1 0 7 】

[第 2 の実施の形態]

次に、第 2 の実施の形態について、図面を参照して説明する。第 2 の実施の形態では、関係情報の内容が第 1 の実施の形態と異なる。例えば、第 2 の実施の形態では、記憶部 2 4 には、シャフト部 3 a の角速度を打球部 3 b のスピードで除算した情報（値）と、打球位置のずれ量との関係を示した関係情報が予め記憶される。そして、算出部 2 1 2 は、センサー情報取得部 2 1 0 によって取得されたインパクト時における角速度を、インパクト時における打球部 3 b のスピードで除算し、除算して得た値に基づいて記憶部 2 4 を参照し、打球位置のずれ量を算出する。以下では、第 1 の実施の形態と異なる部分について説明する。

【 0 1 0 8 】

図 1 1 は、第 2 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。図 1 1 に示すように、関係情報 5 1 は、Gyro Y 5 1 a と、HS（ヘッドスピード）5 1 b と、Gyro Y / HS 5 1 c と、打点測定値 5 1 d とを有している。

【 0 1 0 9 】

Gyro Y 5 1 a は、インパクト時のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度である。Gyro Y 5 1 a は、例えば、第 1 の実施の形態と同様にして、取得者によって予め取得される。

【 0 1 1 0 】

HS 5 1 b は、インパクト時の打球部 3 b のスピードである。HS 5 1 b は、Gyro Y 5 1 a と同様に、取得者によって予め取得される。取得者は、例えば、運動解析装置 2 0 を用いて、HS 5 1 b を取得することができる。

【 0 1 1 1 】

なお、運動解析部 2 1 1 は、第 1 の実施の形態で説明したように、運動解析モデルとセンサーユニット 1 0 の位置及び姿勢の情報とを用いて、バックスイングからフォロースルーまでのヘッドスピードを算出することができる。すなわち、運動解析部 2 1 1 は、インパクト時における打球部 3 b のスピードを算出することができる。

【 0 1 1 2 】

G y r o Y / H S 5 1 c は、G y r o Y 5 1 a を H S 5 1 b で除算した値である。

【 0 1 1 3 】

打点測定値 5 1 d は、打球面 3 c の水平方向における、スイートスポットからの打球位置のずれ量である。打点測定値 5 1 d は、第 1 の実施の形態と同様にして、取得者によりマーカー等を用いて予め取得される。

10

【 0 1 1 4 】

図 1 2 は、図 1 1 の関係情報の一例をグラフ化した図である。図 1 2 に示すグラフ G 1 1 の横軸は、角速度をヘッドスピードで除算した値を示す。グラフ G 1 1 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフ G 1 1 に示す黒色の菱形は、図 1 1 の関係情報 5 1 の G y r o Y / H S 5 1 c と打点測定値 5 1 d とを、グラフ G 1 1 上にプロットしたものである。

【 0 1 1 5 】

グラフ G 1 1 に示すように、G y r o Y / H S 5 1 c と打点測定値 5 1 d は、相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示すことができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 1 2 の例の場合、1 次式は、次の式 (2) で示される。

【 0 1 1 6 】

$$y = - 0 . 0 9 0 1 x + 2 . 4 3 8 4 \quad \dots (2)$$

20

【 0 1 1 7 】

寄与率は、「 $R^2 = 0 . 9 9 2 6$ 」である。

【 0 1 1 8 】

式 (2) は、第 1 の実施の形態と同様に取得者によって予め算出され、記憶部 2 4 に記憶される。これにより、算出部 2 1 2 は、記憶部 2 4 を参照することにより、ユーザー 2 がゴルフクラブ 3 をスイングしたときの、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 1 1 9 】

例えば、算出部 2 1 2 は、ユーザー 2 がゴルフクラブ 3 でボールを打球したときの、インパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、インパクト時における打球部 3 b のスピードで除算する。そして、算出部 2 1 2 は、角速度をスピードで除算した値を、記憶部 2 4 に記憶された式 (2) の「 x 」に代入することにより、スイートスポットからのずれ量を算出することができる。なお、インパクト時における打球部 3 b のスピードは、第 1 の実施の形態で説明したように、運動解析部 2 1 1 によって算出される。

30

【 0 1 2 0 】

ここで、第 1 の実施の形態に係る式 (1) の寄与率は「 $R^2 = 0 . 8 9 5 4$ 」であり、第 2 の実施の形態に係る式 (2) の寄与率は「 $R^2 = 0 . 9 9 2 6$ 」である。従って、角速度をスピードで除算した G y r o Y / H S 5 1 c と打点測定値 5 1 d の相関は、第 1 の実施の形態で説明した G y r o Y 3 1 a と打点測定値 3 1 b の相関より強いといえる。

40

【 0 1 2 1 】

すなわち、算出部 2 1 2 は、式 (2) で示される関係情報を用いて打球位置のずれ量を算出することにより、より正確なずれ量を算出することができる。なお、G y r o Y / H S 5 1 c と打点測定値 5 1 d の相関が、G y r o Y 3 1 a と打点測定値 3 1 b の相関より強いのは、インパクト時におけるシャフト部 3 a の長軸回りの角速度と打球部 3 b のスピードは、比例関係があると考えられるためである。

【 0 1 2 2 】

このように、関係情報は、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、打球部 3 b のスピードで除算した値と、打球位置のずれ量との関係を示す。そして、算出部 2 1 2 は、インパクト時のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、インパクト時の打球部 3 b のスピードで

50

除算し、除算して得られた値に基づいて関係情報を参照して、打球位置のずれ量を算出する。

【 0 1 2 3 】

これにより、運動解析装置 20 は、より正確な打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 1 2 4 】

また、ユーザー 2 は、ゴルフクラブ 3 の打球面 3 c に設定した基準線からの打球位置のずれをより正確に把握することができる。

【 0 1 2 5 】

なお、運動解析部 211 は、インパクト時の打球部 3 b のスピードを、上記以外の一般的な方法を用いて算出してもよい。例えば、運動解析部 211 は、シャフト部 3 a のスイング平面に垂直なスイング軸の角速度と、スイング軸と打球部 3 b との距離とから求めてもよい。

【 0 1 2 6 】

[第 3 の実施の形態]

次に、第 3 の実施の形態について、図面を参照して説明する。関係情報は、一般的にゴルフクラブ 3 のタイプ（本発明の形状に相当する）によって変わる。例えば、パターには、ピンタイプ、マレットタイプ、及びネオマレットタイプ等が存在し、それぞれのタイプに応じて関係情報は異なる。第 3 の実施の形態では、ゴルフクラブ 3 のタイプに応じた関係情報を記憶部 24 に記憶し、ユーザー 2 が使用するゴルフクラブ 3 もタイプに応じて、打球位置のずれ量を算出する関係情報を切替える。以下では、第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態と異なる部分について説明する。

【 0 1 2 7 】

図 13 は、第 3 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。図 13 に示す関係情報 61 は、ゴルフクラブ 3 がネオマレットタイプの場合の関係情報を示している。関係情報 61 は、G y r o Y 6 1 a と、H S 6 1 b と、G y r o Y / H S 6 1 c と、打点測定値 6 1 d とを有している。

【 0 1 2 8 】

G y r o Y 6 1 a、H S 6 1 b、G y r o Y / H S 6 1 c、及び打点測定値 6 1 d は、図 11 の G y r o Y 5 1 a、H S 5 1 b、G y r o Y / H S 5 1 c、及び打点測定値 5 1 d と同様であり、その説明を省略する。なお、図 11 の G y r o Y 5 1 a、H S 5 1 b、G y r o Y / H S 5 1 c、及び打点測定値 5 1 d は、ゴルフクラブ 3 がピンタイプの場合の関係情報を示している。

【 0 1 2 9 】

図 14 は、図 13 の関係情報の一例をグラフ化した図である。図 14 に示すグラフ G 21 の横軸は、角速度をヘッドスピードで除算した値を示す。グラフ G 21 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフ G 21 に示す黒色の菱形は、図 13 の関係情報 61 の G y r o Y / H S 6 1 c と打点測定値 6 1 d とを、グラフ G 21 上にプロットしたものである。

【 0 1 3 0 】

グラフ G 21 に示すように、ネオマレットタイプのゴルフクラブ 3 の G y r o Y / H S 6 1 c と打点測定値 6 1 d は、相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示することができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 14 の例の場合、1 次式は、次の式 (3) で示される。

【 0 1 3 1 】

$$y = -0.1589x - 0.0551 \quad \dots (3)$$

【 0 1 3 2 】

寄与率は、「 $R^2 = 0.9883$ 」である。

【 0 1 3 3 】

式 (3) は、上記の各実施の形態と同様に、記憶部 24 に予め記憶される。これにより、算出部 212 は、記憶部 24 を参照することにより、ユーザー 2 が、ネオマレットタイ

10

20

30

40

50

プのゴルフクラブ3をスイングしたときの、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。

【0134】

図15は、他のタイプの関係情報の一例を示した図である。図15に示す関係情報71は、ゴルフクラブ3がマレットタイプの場合の関係情報を示している。関係情報71は、GyroY71aと、HS71bと、GyroY/HS71cと、打点測定値71dとを有している。

【0135】

GyroY71a、HS71b、GyroY/HS71c、及び打点測定値71dは、図13のGyroY61a、HS61b、GyroY/HS61c、及び打点測定値61dと同様であり、その説明を省略する。

10

【0136】

図16は、図15の関係情報の一例をグラフ化した図である。図16に示すグラフG31の横軸は、角速度をヘッドスピードで除算した値を示す。グラフG31の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフG31に示す黒色の菱形は、図15の関係情報71のGyroY/HS71cと打点測定値71dとを、グラフG31上にプロットしたものである。

【0137】

グラフG31に示すように、マレットタイプのゴルフクラブ3のGyroY/HS71cと打点測定値71dは、相関関係が認められ、その関係は、1次式で示することができる。1次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図16の例の場合、1次式は、次の式(4)で示される。

20

【0138】

$$y = -0.0749x - 0.5028 \quad \dots (4)$$

【0139】

寄与率は、「 $R^2 = 0.9305$ 」である。

【0140】

式(4)は、上記の各実施の形態と同様に、記憶部24に予め記憶される。これにより、算出部212は、記憶部24を参照することにより、ユーザー2が、マレットタイプのゴルフクラブ3をスイングしたときの、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。

30

【0141】

図17は、運動解析装置の動作の一例を示したフローチャートである。運動解析装置20は、例えば、ユーザー2がゴルフクラブ3をスイングすると、図17のフローチャートの処理を実行する。なお、記憶部24には、式(2)、式(3)、及び式(4)に示す関係情報が予め記憶されているとする。また、操作部23は、ユーザー2から、ユーザー2が使用したゴルフクラブ3のタイプを受付けているとする。操作部23は、ユーザー2から受付けたゴルフクラブ3のタイプを、例えば、記憶部24に記憶する。

【0142】

まず、センサー情報取得部210は、センサーユニット10の計測データを取得する(ステップS11)。計測データには、シャフト部3aの長軸回りの角速度と、バックスイングからフォロースルーまでのヘッドスピード(打球部3bのスピード)とが含まれている。なお、制御部21は、ユーザー2のスイング運動(静止動作も含む)における最初の計測データを取得するとリアルタイムにステップS12以降の処理を行ってもよいし、センサーユニット10からユーザー2のスイング運動における一連の計測データの一部又は全部を取得した後に、ステップS12以降の処理を行ってもよい。

40

【0143】

次に、運動解析部211は、ゴルフクラブ3のインパクトのタイミングを検出する(ステップS12)。

【0144】

次に、算出部212は、記憶部24を参照し、ユーザー2のゴルフクラブ3のタイプが

50

、ネオマレットタイプであるか、マレットタイプであるか、ピンタイプであるか、判定する（ステップS13）。算出部212は、ユーザー2のゴルフクラブ3のタイプが、ネオマレットタイプであると判定した場合（S13の「ネオマレットタイプ」）、ステップS14に処理を移行する。算出部212は、ユーザー2のゴルフクラブ3のタイプが、マレットタイプであると判定した場合（S13の「マレットタイプ」）、ステップS15に処理を移行する。算出部212は、ユーザー2のゴルフクラブ3のタイプが、ピンタイプであると判定した場合（S13の「ピンタイプ」）、ステップS16に処理を移行する。

【0145】

算出部212は、ステップS13にて、ゴルフクラブ3のタイプが「ネオマレットタイプ」であると判定した場合、記憶部24に記憶されている式（3）を用いて、打球位置のスweetspotからのずれ量を算出する（ステップS14）。 10

【0146】

例えば、算出部212は、ステップS11にて取得されたシャフト部3aの長軸回りの角速度と、ステップS12にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時のシャフト部3aの長軸回りの角速度を取得する。また、算出部212は、ステップS11にて取得されたヘッドスピードと、ステップS12にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時のヘッドスピードを取得する。そして、算出部212は、インパクト時の角速度を、インパクト時のヘッドスピードで除算し、除算して得られた値を式（3）の独立変数に代入して、スweetspotからの打球位置のずれ量を算出する。算出部212は、打球位置のずれ量を算出すると、処理をステップS17に移行する。 20

【0147】

算出部212は、ステップS13にて、ゴルフクラブ3のタイプが「マレットタイプ」であると判定した場合、記憶部24に記憶されている式（4）を用いて、打球位置のスweetspotからのずれ量を算出する（ステップS15）。

【0148】

例えば、算出部212は、ステップS11にて取得されたシャフト部3aの長軸回りの角速度と、ステップS12にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時のシャフト部3aの長軸回りの角速度を取得する。また、算出部212は、ステップS11にて取得されたヘッドスピードと、ステップS12にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時のヘッドスピードを取得する。そして、算出部212は、インパクト時の角速度を、インパクト時のヘッドスピードで除算し、除算して得られた値を式（4）の独立変数に代入して、スweetspotからの打球位置のずれ量を算出する。算出部212は、打球位置のずれ量を算出すると、処理をステップS17に移行する。 30

【0149】

算出部212は、ステップS13にて、ゴルフクラブ3のタイプが「ピンタイプ」であると判定した場合、記憶部24に記憶されている式（2）を用いて、打球位置のスweetspotからのずれ量を算出する（ステップS16）。 40

【0150】

例えば、算出部212は、ステップS11にて取得されたシャフト部3aの長軸回りの角速度と、ステップS12にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時のシャフト部3aの長軸回りの角速度を取得する。また、算出部212は、ステップS11にて取得されたヘッドスピードと、ステップS12にて検出されたインパクトのタイミングとに基づいて、インパクト時のヘッドスピードを取得する。そして、算出部212は、インパクト時の角速度を、インパクト時のヘッドスピードで除算し、除算して得られた値を式（4）の独立変数に代入して、スweetspotからの打球位置のずれ量を算出する。算出部212は、打球位置のずれ量を算出すると、処理をステップS17に移行する。 50

【0151】

画像生成部 213 は、ステップ S 14、ステップ S 15、又はステップ S 16 にて算出されたずれ量の情報を含む画像データを生成する（ステップ S 17）。これにより、画像生成部 213 によって生成された画像データは、出力処理部 214 によって表示部 25 に表示され、ユーザー 2 は、使用しているゴルフクラブ 3 に応じた打球位置のずれ量を把握することができる。

【0152】

このように、関係情報は、ゴルフクラブ 3 のタイプに応じて予め取得され、記憶部 24 に記憶される。そして、算出部 212 は、ユーザー 2 が使用するゴルフクラブ 3 のタイプに応じた関係情報を用いて、打球位置のずれ量を算出する。

【0153】

これにより、算出部 212 は、ゴルフクラブ 3 のタイプに応じた、より正確な打球位置のずれ量を算出することができる。

【0154】

なお、上記では、ネオマレットタイプ、マレットタイプ、ピンタイプの 3 タイプの関係情報を予め記憶部 24 に記憶し、算出部 212 は、それぞれのタイプに応じた打球位置のずれ量を算出したが、これに限られない。例えば、2 タイプの関係情報又は 4 タイプ以上の関係情報を予め記憶部 24 に記憶し、それぞれのタイプに応じた打球位置のずれ量を算出するようにしてもよい。

【0155】

また、記憶部 24 には、ゴルフクラブ 3 のメーカーや型番等に応じて、ゴルフクラブ 3 の関係情報を記憶するようにしてもよい。そして、算出部 212 は、ユーザー 2 から、使用するゴルフクラブ 3 のメーカーや型番等を受け、そのゴルフクラブ 3 に応じた打球位置のずれ量を算出するようにしてもよい。

【0156】

また、上記では、シャフト部 3a の長軸回りの角速度を、打球部 3b のスピードで除算したが、打球部 3b のスピードで除算しなくてもよい。すなわち、ゴルフクラブ 3 のタイプごとに、シャフト部 3a の長軸回りの角速度と、打球位置のずれ量との相関関係を算出し、打球位置のずれ量を算出するようにしてもよい。

【0157】

〔第 4 の実施の形態〕

次に、第 4 の実施の形態について、図面を参照して説明する。第 3 の実施の形態では、ゴルフクラブ 3 のタイプに応じた関係情報を記憶部 24 に記憶するようにしたが、第 4 の実施の形態では、様々なタイプに対応できる関係情報を記憶部 24 に記憶する。以下では、上記の各実施の形態と異なる部分について説明する。

【0158】

図 18 は、第 4 の実施の形態に係る関係情報の一例をグラフ化した図である。図 18 に示すグラフ G 41 の横軸は、角速度をヘッドスピードで除算した値を示す。グラフ G 41 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。

【0159】

グラフ G 41 に示す黒色の菱形は、図 11 の $Gyr o Y / H S 51 c$ 及び打点測定値 51 d と、図 13 の $Gyr o Y / H S 61 c$ 及び打点測定値 61 d と、図 15 の $Gyr o Y / H S 71 c$ 及び打点測定値 71 d とを、グラフ G 41 上にプロットしたものである。すなわち、グラフ G 41 に示す黒色の菱形は、ピンタイプ、ネオマレットタイプ、及びマレットタイプの $Gyr o Y / H S$ 及び打点測定値を、グラフ G 41 にプロットしたものである。

【0160】

グラフ G 41 に示すように、ピンタイプ、ネオマレットタイプ、及びマレットタイプの $Gyr o Y / H S$ と打点測定値は、相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示すことができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 18 の例の場合、1 次式は、次の式 (5) で示される。

【 0 1 6 1 】

$$y = - 0 . 0 8 9 2 x + 1 . 1 4 7 4 \quad \dots (5)$$

【 0 1 6 2 】

寄与率は、「 $R^2 = 0 . 8 9 9 9$ 」である。

【 0 1 6 3 】

式 (5) は、上記の各実施の形態と同様に、記憶部 2 4 に予め記憶される。これにより、算出部 2 1 2 は、記憶部 2 4 を参照することにより、ユーザー 2 が、ピンタイプ、ネオマレットタイプ、マレットタイプのいずれかのゴルフクラブ 3 を使用しても、打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 1 6 4 】

このように、関係情報は、ゴルフクラブ 3 の様々なタイプにおける角速度とずれ量との関係を示す。これにより、算出部 2 1 2 は、ユーザー 2 が様々なタイプのゴルフクラブ 3 を使用しても、適切な打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 1 6 5 】

[第 5 の実施の形態]

次に、第 5 の実施の形態について、図面を参照して説明する。第 5 の実施の形態では、取得者が測定する水平方向の打点測定値を、垂直方向の打点測定値と、ゴルフクラブ 3 のライ角とで補正する。

【 0 1 6 6 】

図 1 9 は、第 5 の実施の形態に係る水平方向の打点測定値の補正を説明する図である。図 1 9 において、図 2 と同じものには同じ符号を付し、その説明を省略する。図 1 9 には、シャフト部 3 a の長軸 A 1 1 が示してある。

【 0 1 6 7 】

打球面 3 c に設定する基準線は、一点鎖線 A 1 に示すように、垂直に設定しなくてもよい。例えば、一点鎖線 A 1 2 に示すように、長軸 A 1 1 と平行となるように設定してもよい。つまり、打球面 3 c に設定する基準線は、ライ角と同じ角度を有するように設定されてもよい。

【 0 1 6 8 】

一点鎖線 A 1 2 に示すように、基準線をライ角と同じ角度となるように設定した場合、水平方向における打球位置の基準線からの距離は、ボールの打球位置の高さ及びゴルフクラブ 3 のライ角によって変わる。例えば、水平方向における打球位置が同じであっても、打球位置の高さが異なれば、打球位置の基準線 (一点鎖線 A 1 2) からの距離は異なる。そこで、第 5 の実施の形態では、水平方向における打点測定値を、垂直方向における打点測定値と、ゴルフクラブ 3 のライ角とによって補正する。

【 0 1 6 9 】

打球面 3 c の水平方向における打点測定値を補正する式は、次の式 (6) で示される。

【 0 1 7 0 】

$$H_m = H + V / \tan \quad \dots (6)$$

【 0 1 7 1 】

「 H_m 」は、補正後の水平方向における打点測定値である。「 H 」は、補正前の水平方向における打点測定値である。すなわち、「 H 」は、取得者がマーカ等を用いて取得した、水平方向における打点測定値であり、取得者が決めた原点 (例えば、図 1 9 の h 軸の「0」) からの距離である。「 V 」は、垂直方向における打点測定値であり、打球部 3 b のソールからの高さである。垂直方向における打点測定値「 V 」は、水平方向における打点測定値「 H 」と同様にして、取得者によりマーカ等によって取得される。「 θ 」は、ゴルフクラブ 3 のライ角 (rad) である。

【 0 1 7 2 】

式 (6) より、水平方向における打点測定値は、垂直方向における打点測定値が大きいほど、大きくなるように補正される (つまり、式 (6) の右辺第 2 項の「 V 」が大きくなるほど、「 H_m 」は大きくなる) 。また、ゴルフクラブ 3 のライ角「 θ 」が大きいほど (

10

20

30

40

50

シャフト部 3 a の長軸が垂直に近づくほど)、垂直方向における打点測定値の、水平方向における打点測定値の補正への影響は、小さくなる(つまり、式(6)の右辺第2項が小さくなる)。

【0173】

図20は、関係情報の一例を示した図である。図20に示すように、関係情報81は、GyroY81aと、HS81bと、GyroY/HS81cと、左右打点測定値81dと、高さ打点測定値81eと、高さ補正左右打点位置81fと、を有している。GyroY81a、HS81b、GyroY/HS81c、及び左右打点測定値81dは、図11で説明したGyroY51a、HS51b、GyroY/HS51c、及び打点測定値51dと同様であり、その説明を省略する。

10

【0174】

高さ打点測定値81eは、打球面3cの垂直方向における打球位置である。高さ打点測定値81eは、打球部3bのソールからの高さを示している。高さ打点測定値81eは、左右打点測定値81dと同様にして、取得者によりマーカ等を用いて予め取得される。

【0175】

高さ補正左右打点位置81fは、左右打点測定値81dを、上記の式(6)で補正した値である。図20の関係情報81では、ゴルフクラブ3のライ角を「70度」(1.22rad)として、高さ補正左右打点位置81fを算出してある。

【0176】

図21は、図20の関係情報の一例をグラフ化した図である。図21に示すグラフG51の横軸は、角速度をヘッドスピードで除算した値を示す。グラフG51の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフG51に示す黒色の菱形は、図20の関係情報81のGyroY/HS81cと高さ補正左右打点位置81fとを、グラフG51上にプロットしたものである。

20

【0177】

グラフG51に示すように、GyroY/HS81cと高さ補正左右打点位置81fは、相関関係が認められ、その関係は、1次式で示すことができる。1次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図21の例の場合、1次式は、次の式(7)で示される。

【0178】

$$y = -0.0771x - 0.8344 \quad \dots (7)$$

30

【0179】

寄与率は、「 $R^2 = 0.9675$ 」である。

【0180】

式(7)は、上記の各実施の形態と同様に、記憶部24に予め記憶される。これにより、算出部212は、記憶部24を参照することにより、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。

【0181】

このように、関係情報の水平方向における打点測定値は、垂直方向における打点測定値とシャフト部3aのライ角とによって補正される。これにより、算出部212は、適切な打球位置のずれ量を算出することができる。

40

【0182】

なお、記憶部24には、様々なライ角で補正した関係情報を記憶してもよい。そして、算出部212は、ユーザー2が使用するゴルフクラブ3のライ角に応じた関係情報を参照して、ずれ量を算出してよい。これにより、算出部212は、より適切な打球位置のずれ量を算出することができる。

【0183】

また、寄与率が向上するよう、ライ角に所定の角度を加算して、水平方向における打点測定値を補正してもよい。

【0184】

50

図 2 2 は、ライ角に所定の角度を加算した場合の関係情報の一例を示した図である。図 2 2 において、図 2 0 と同じものには同じ符号が付してある。図 2 2 に示すように、関係情報 9 1 は、図 2 0 の関係情報 8 1 に対し、高さ補正左右打点位置 9 1 a が異なる。

【 0 1 8 5 】

高さ補正左右打点位置 9 1 a は、左右打点測定値 8 1 d を、上記の式 (6) で補正した値である。図 2 2 の関係情報 9 1 では、ゴルフクラブ 3 のライ角「 7 0 度」に「 - 2 0 度」を加算して、高さ補正左右打点位置 9 1 a を算出してある。すなわち、高さ補正左右打点位置 9 1 a は、式 (6) の「 θ 」を「 5 0 度」 (0 . 8 7 r a d) として算出されたものである。

【 0 1 8 6 】

図 2 3 は、図 2 2 の関係情報の一例をグラフ化した図である。図 2 3 に示すグラフ G 6 1 の横軸は、角速度をヘッドスピードで除算した値を示す。グラフ G 6 1 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフ G 6 1 に示す黒色の菱形は、図 2 2 の関係情報 9 1 の $G y r o Y / H S 8 1 c$ と高さ補正左右打点位置 9 1 a とを、グラフ G 6 1 上にプロットしたものである。

【 0 1 8 7 】

グラフ G 6 1 に示すように、 $G y r o Y / H S 8 1 c$ と高さ補正左右打点位置 9 1 a は、相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示すことができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 2 3 の例の場合、1 次式は、次の式 (8) で示される。

【 0 1 8 8 】

$$y = - 0 . 0 7 9 7 x + 2 . 4 0 9 5 \quad \dots (8)$$

【 0 1 8 9 】

寄与率は、「 $R^2 = 0 . 9 8 3 7$ 」である。

【 0 1 9 0 】

式 (8) の寄与率「 $R^2 = 0 . 9 8 3 7$ 」は、式 (7) の寄与率「 $R^2 = 0 . 9 6 7 5$ 」より高くなっている。つまり、ゴルフクラブ 3 のライ角「 7 0 度」に所定の角度「 - 5 0 度」を加算することにより、 $G y r o Y / H S$ 及び高さ補正左右打点位置の相関は強くなっている。

【 0 1 9 1 】

このように、寄与率が向上するよう、ライ角に所定の角度を加算し、水平方向における打点測定値を補正してもよい。これにより、算出部 2 1 2 は、適切な打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 1 9 2 】

〔 第 6 の実施の形態 〕

次に、第 6 の実施の形態について、図面を参照して説明する。第 2 の実施の形態では、シャフト部 3 a の角速度を打球部 3 b のスピードで除算した値と、打球位置のずれ量との関係を関係情報とした。第 6 の実施の形態では、シャフト部 3 a の角速度をテークバックの距離で除算した値と、打球位置のずれ量との関係を関係情報とする。

【 0 1 9 3 】

図 2 4 は、第 6 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。図 2 4 に示すように、関係情報 1 0 1 は、 $G y r o Y 1 0 1 a$ と、テークバック距離 1 0 1 b と、 $G y r o Y / \text{テークバック距離} 1 0 1 c$ と、打点測定値 1 0 1 d とを有している。 $G y r o Y 1 0 1 a$ 及び打点測定値 1 0 1 d は、図 1 1 で説明した $G y r o Y 5 1 a$ 及び打点測定値 5 1 d と同様であり、その説明を省略する。

【 0 1 9 4 】

テークバック距離 1 0 1 b は、打球部 3 b のアドレスからトップまでの距離である。テークバック距離 1 0 1 b は、例えば、取得者が運動解析装置 2 0 を用いて予め取得される。なお、運動解析部 2 1 1 は、運動解析モデルとセンサーユニット 1 0 の位置及び姿勢の情報とを用いて、テークバック距離を算出できる。

【 0 1 9 5 】

G y r o Y / テークバック距離 1 0 1 c は、G y r o Y 1 0 1 a を テークバック距離 1 0 1 b で除算した値である。

【 0 1 9 6 】

図 2 5 は、図 2 4 の関係情報の一例をグラフ化した図である。図 2 5 に示すグラフ G 7 1 の横軸は、角速度をテークバック距離で除算した値を示す。グラフ G 7 1 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフ G 7 1 に示す黒色の菱形は、図 2 4 の関係情報 1 0 1 の G y r o Y / テークバック距離 1 0 1 c と打点測定値 1 0 1 d とを、グラフ G 7 1 上にプロットしたものである。

【 0 1 9 7 】

グラフ G 7 1 に示すように、G y r o Y / テークバック距離 1 0 1 c と打点測定値 1 0 1 d は、相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示すことができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 2 5 の例の場合、1 次式は、次の式 (9) で示される。

【 0 1 9 8 】

$$y = - 0 . 0 1 6 x + 7 . 5 2 1 1 \quad \dots (9)$$

【 0 1 9 9 】

寄与率は、「 $R^2 = 0 . 9 4 8 9$ 」である。

【 0 2 0 0 】

式 (9) は、上記の各実施の形態と同様に、記憶部 2 4 に予め記憶される。これにより、算出部 2 1 2 は、記憶部 2 4 を参照することにより、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 2 0 1 】

なお、テークバック距離とインパクト時の打球部 3 b のスピードは、比例関係があると考えられる。例えば、テークバック距離が大きいほど、インパクト時における打球部 3 b のスピードは大きくなると考えられる。従って、第 6 の実施の形態に係る関係情報は、第 2 の実施の形態と同様に、第 1 の実施の形態の関係情報より、相関が強くなると考えられる。

【 0 2 0 2 】

このように、関係情報は、シャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、打球部 3 b のテークバック距離で除算した値と、打球位置のずれ量との関係を示す。そして、算出部 2 1 2 は、インパクト時のシャフト部 3 a の長軸回りの角速度を、打球部 3 b のテークバック距離で除算し、除算して得られた値に基づいて関係情報を参照して、打球位置のずれ量を算出する。

【 0 2 0 3 】

これにより、運動解析装置 2 0 は、より正確な打球位置のずれ量を算出することができる。

【 0 2 0 4 】

[第 7 の実施の形態]

次に、第 7 の実施の形態について、図面を参照して説明する。第 6 の実施の形態では、シャフト部 3 a の角速度を打球部 3 b のテークバック距離で除算した値と、打球位置のずれ量との関係を関係情報とした。第 7 の実施の形態では、シャフト部 3 a の角速度をテークバック角度で除算した値と、打球位置のずれ量との関係を関係情報とする。

【 0 2 0 5 】

図 2 6 は、第 7 の実施の形態に係る関係情報の一例を示した図である。図 2 6 に示すように、関係情報 1 1 1 は、G y r o Y 1 1 1 a と、テークバック角度 1 1 1 b と、G y r o Y / テークバック角度 1 1 1 c と、打点測定値 1 1 1 d とを有している。G y r o Y 1 1 1 a 及び打点測定値 1 1 1 d は、図 1 1 で説明した G y r o Y 5 1 a 及び打点測定値 5 1 d と同様であり、その説明を省略する。

【 0 2 0 6 】

10

20

30

40

50

テークバック角度 111b は、アドレス時の打球部 3b と、トップ時の打球部 3b のなす角度である。テークバック角度 111b は、例えば、取得者が運動解析装置 20 を用いて予め取得される。なお、運動解析部 211 は、運動解析モデルとセンサーユニット 10 の位置及び姿勢の情報とを用いて、テークバック角度を算出できる。

【0207】

GyroY / テークバック角度 111c は、GyroY 111a をテークバック角度 111b で除算した値である。

【0208】

図 27 は、図 26 の関係情報の一例をグラフ化した図である。図 27 に示すグラフ G81 の横軸は、角速度をテークバック角度で除算した値を示す。グラフ G81 の縦軸は、打球位置のずれ量を示す。グラフ G81 に示す黒色の菱形は、図 26 の関係情報 111 の GyroY / テークバック角度 111c と打点測定値 111d とを、グラフ G81 上にプロットしたものである。

10

【0209】

グラフ G81 に示すように、GyroY / テークバック角度 111c と打点測定値 111d は、相関関係が認められ、その関係は、1 次式で示すことができる。1 次式の係数と切片は、回帰分析により求めることができ、図 27 の例の場合、1 次式は、次の式 (10) で示される。

【0210】

$$y = -1.4054x - 0.7499 \dots (10)$$

20

【0211】

寄与率は、「 $R^2 = 0.974$ 」である。

【0212】

式 (10) は、上記の各実施の形態と同様に、記憶部 24 に予め記憶される。これにより、算出部 212 は、記憶部 24 を参照することにより、スイートスポットからの打球位置のずれ量を算出することができる。

【0213】

なお、テークバック角度とインパクト時の打球部 3b のスピードは、比例関係があると考えられる。例えば、テークバック角度が大きいほど、インパクト時における打球部 3b のスピードは大きくなると考えられる。従って、第 7 の実施の形態に係る関係情報は、第 2 の実施の形態と同様に、第 1 の実施の形態の関係情報より、相関がより強くなると考えられる。

30

【0214】

このように、関係情報は、シャフト部 3a の長軸回りの角速度を、打球部 3b のテークバック角度で除算した値と、打球位置のずれ量との関係を示す。そして、算出部 212 は、インパクト時のシャフト部 3a の長軸回りの角速度を、打球部 3b のテークバック角度で除算し、除算して得られた値に基づいて関係情報を参照して、打球位置のずれ量を算出する。

【0215】

これにより、運動解析装置 20 は、より正確な打球位置のずれ量を算出することができる。

40

【0216】

[第 8 の実施の形態]

次に、第 8 の実施の形態について、図面を参照して説明する。第 8 の実施の形態では、インパクト前の角速度の平均値を算出し、インパクト時の角速度から、算出した角速度の平均値を減算して、インパクト時の角速度とする。

【0217】

図 28 は、第 8 の実施の形態に係る角速度算出を説明する図である。図 28 に示すグラフ G91 の横軸は、角速度のサンプル点を示す。グラフ G91 の縦軸は、角速度を示す。グラフ G91 に示す波形は、センサー情報取得部 210 が取得した、シャフト部 3a の長

50

軸回りの角速度を示している。

【0218】

グラフG91に示す波形において、絶対値の最も大きいときがインパクト時である。例えば、グラフG91の例では、サンプル点「15」がインパクト時である。

【0219】

算出部212は、インパクト前の所定数の角速度の平均値を算出する。そして、算出部212は、インパクト時の角速度から、算出した角速度の平均値を減算する。インパクト前の所定数は、例えば、「10」である。インパクト前は、インパクト時の1つ前のサンプル点を起点としてもよいし、インパクト時から所定数遡ったサンプル点を起点としてもよい。

10

【0220】

例えば、インパクト前を、インパクト時の1つ前のサンプル点を起点とした場合、算出部212は、サンプル点「5, 6, ..., 13, 14」の10サンプルの角速度の平均値を算出する。そして、算出部212は、インパクト時のサンプル点「15」の角速度から、算出した10サンプルの角速度の平均値を減算し、減算して得られた値をインパクト時の角速度とする。または、インパクト前を、例えば、インパクト時の3つ前のサンプル点を起点とした場合、算出部212は、サンプル点「3, 4, ..., 11, 12」の10サンプルの角速度の平均値を算出する。そして、算出部212は、インパクト時のサンプル点「15」の角速度から、算出した10サンプルの角速度の平均値を減算し、減算して得られた値をインパクト時の角速度としてもよい。

20

【0221】

上記の算出部212の演算は、インパクト時の角速度から、センサーユニット10のオフセット分を減算している。つまり、算出部212は、上記の演算によって、ボールの打撃によって発生した、シャフト部3aの長軸回りの角速度を算出するようにしている。

【0222】

このように、算出部212は、インパクト前の所定数の角速度の平均値を算出し、インパクト時の角速度から、算出した角速度の平均値を減算し、減算した値を用いて打球位置のずれ量を算出する。

【0223】

これにより、運動解析装置20は、より正確な打球位置のずれ量を算出することができる。

30

【0224】

なお、上記の各実施の形態では、ゴルフクラブ3の一例として、バターについて説明したがこれに限られない。例えば、ドライバーやアイアン等のクラブにも適用することができる。

【0225】

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

【0226】

40

また、上記の各実施の形態は、組み合わせることが可能である。例えば、一例であるが、第3の実施の形態と、第5の実施の形態、第6の実施の形態、又は第7の実施の形態のいずれか1つとを組み合わせてもよい。

【0227】

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

50

【 0 2 2 8 】

また、上述したフロー図の各処理単位は、運動解析システムの処理を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分割したものである。処理単位の分割の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。運動解析システムの処理は、処理内容に応じて、さらに多くの処理単位に分割することもできる。また、1つの処理単位がさらに多くの処理を含むように分割することもできる。また、処理の順番も上記フロー図に限られない。

【 0 2 2 9 】

以上、本発明について実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者には明らかである。また、そのような変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。また、本発明は、運動解析方法、運動解析装置のプログラム、当該プログラムを記憶した記憶媒体として提供することもできる。なお、上記実施形態ではセンサーユニット10と運動解析装置20とを別体として説明したが、センサーユニット10に運動解析装置20の機能を搭載しても良い。

10

【 符号の説明 】

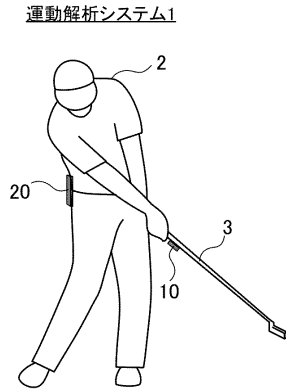
【 0 2 3 0 】

- 1 : 運動解析システム 1
- 2 : ユーザー
- 3 : ゴルフクラブ
- 3 a : シャフト部
- 3 b : 打球部
- 3 c : 打球面
- 1 0 : センサーユニット
- 2 0 : 運動解析装置
- 2 1 : 制御部
- 2 1 0 : センサー情報取得部
- 2 1 1 : 運動解析部
- 2 1 2 : 算出部
- 2 1 3 : 画像生成部
- 2 1 4 : 出力処理部
- 2 2 : 通信部
- 2 3 : 操作部
- 2 4 : 記憶部
- 2 5 : 表示部
- 2 6 : 音声出力部
- 3 1 : 関係情報
- 4 0 : 画面

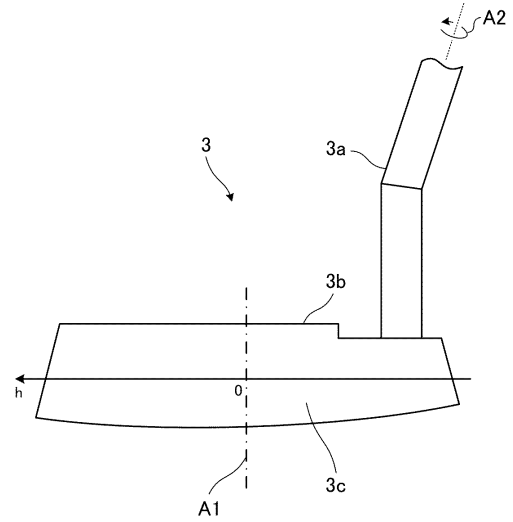
20

30

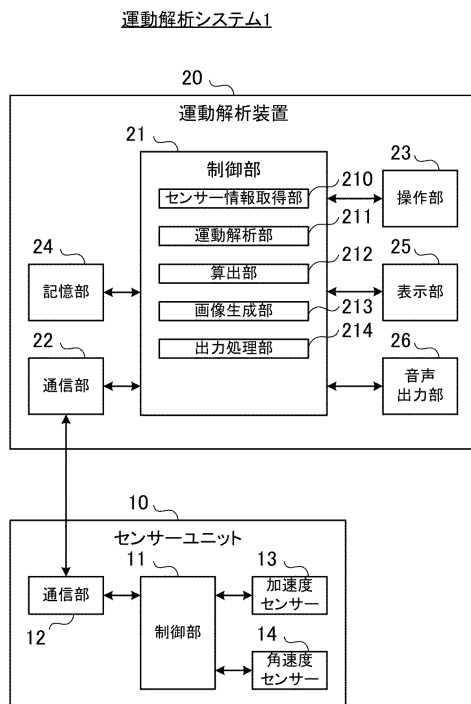
【図 1】



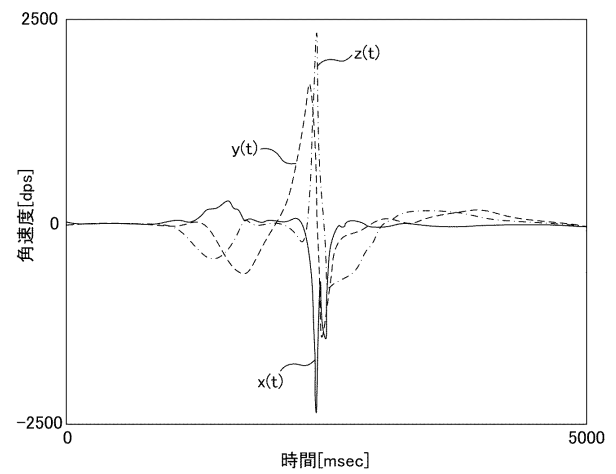
【図 2】



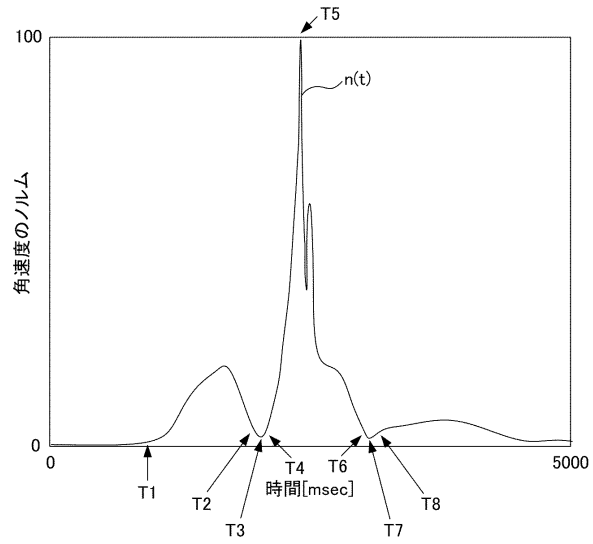
【図 3】



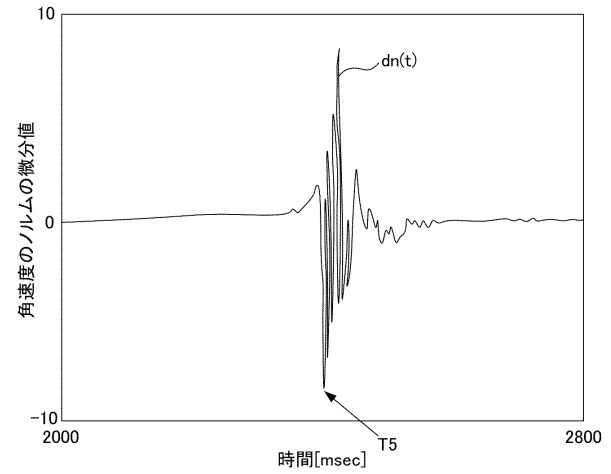
【図 4】



【図 5】



【図 6】

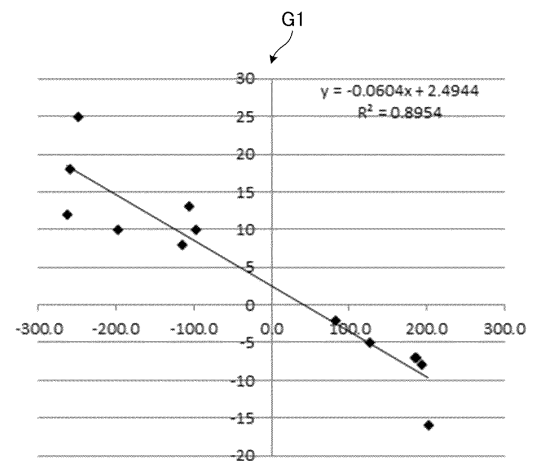


【図 7】

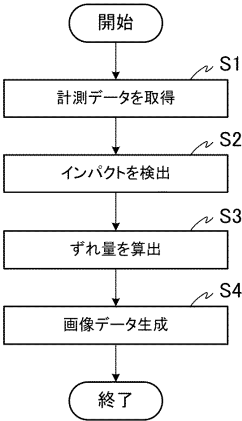
31

31a GyroY (rad/s)	31b 打点測定値 (mm)
-114.6	8
186.9	-7
194.1	-8
-259.6	18
-263.4	12
186.0	-7
-197.4	10
126.7	-5
83.5	-2
-106.0	13
202.3	-16
-248.8	25
-97.2	10

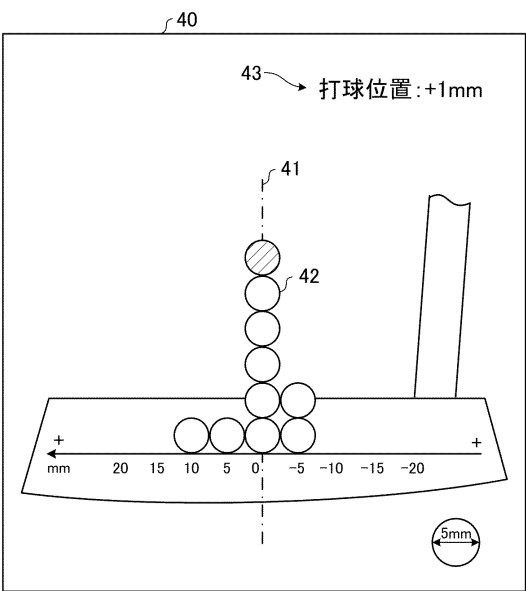
【図 8】



【図 9】



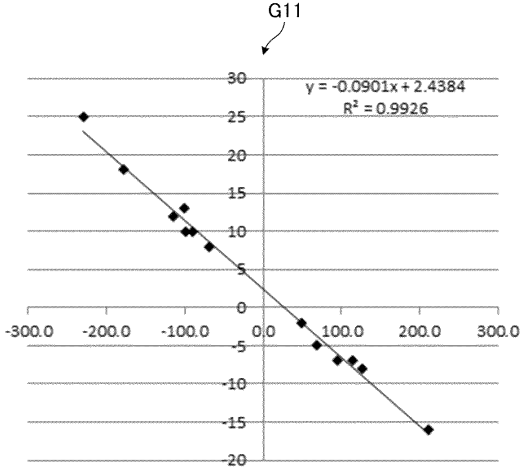
【図 10】



【図 11】

51			
51a	51b	51c	51d
GyroY (rad/s)	HS(m/s)	GyroY/HS	打点測定値 (mm)
-114.6	1.7	-68.8	8
186.9	1.6	114.6	-7
194.1	1.5	127.0	-8
-259.6	1.5	-177.4	18
-263.4	2.3	-115.3	12
186.0	1.9	95.8	-7
-197.4	2.2	-90.0	10
126.7	1.8	68.7	-5
83.5	1.7	48.5	-2
-106.0	1.0	-101.4	13
202.3	1.0	211.6	-16
-248.8	1.1	-229.5	25
-97.2	1.0	-98.0	10

【図 12】



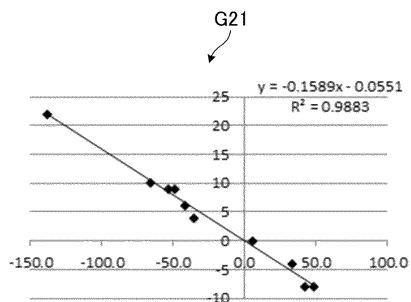
【図 13】

61a	61b	61c	61d
GyroY (rad/s)	HS(m/s)	GyroY/HS	打点測定値 (mm)
-67.0	1.2	-53.6	9
-50.9	1.2	-42.1	6
-84.2	1.3	-65.6	10
37.0	1.1	33.2	-4
8.5	1.4	5.9	0
51.8	1.2	42.5	-8
-183.0	1.3	-138.6	22
-51.3	1.4	-35.7	4
-72.7	1.5	-49.4	9
68.9	1.4	48.1	8

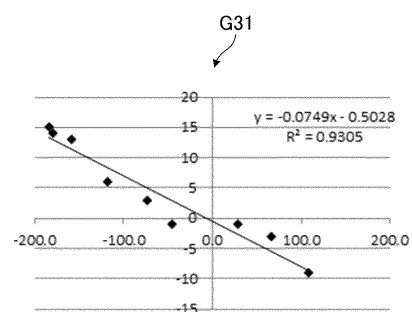
【図 15】

71a	71b	71c	71d
GyroY (rad/s)	H速度 (m/s)	GyroY/H速度	打点測定値 (mm)
-225.7	1.9	-117.4	6
-125.0	1.7	-72.9	3
56.7	2.0	28.7	-1
-342.7	1.9	-184.0	15
-74.0	1.6	-45.5	-1
-304.4	1.9	-159.0	13
-376.3	2.1	-178.8	14
205.1	1.9	108.9	-9
124.8	1.9	66.1	-3

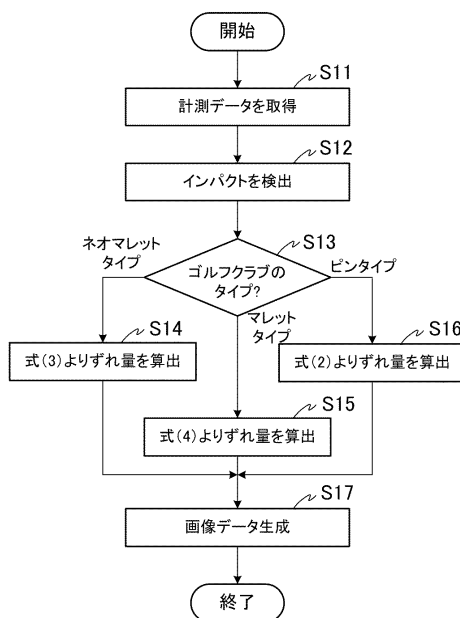
【図 14】



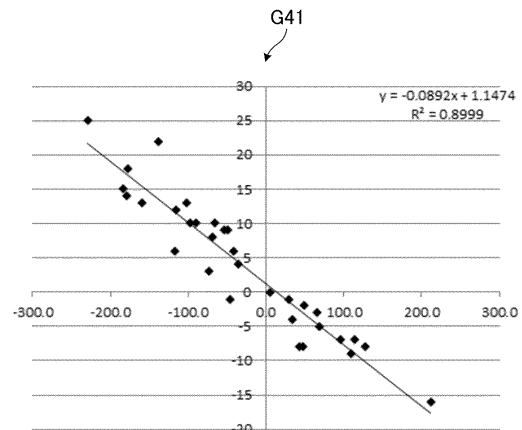
【図 16】



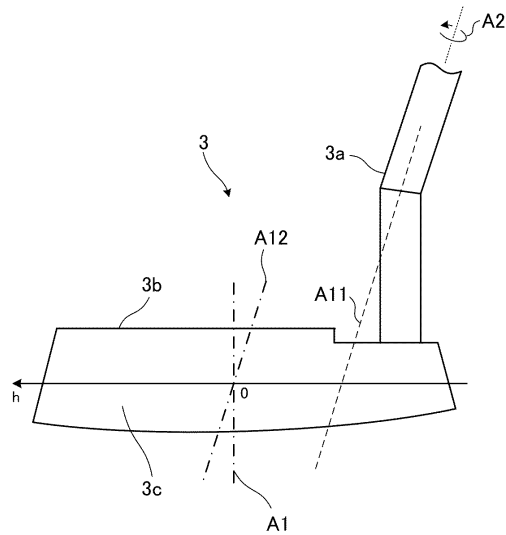
【図 17】



【図 18】



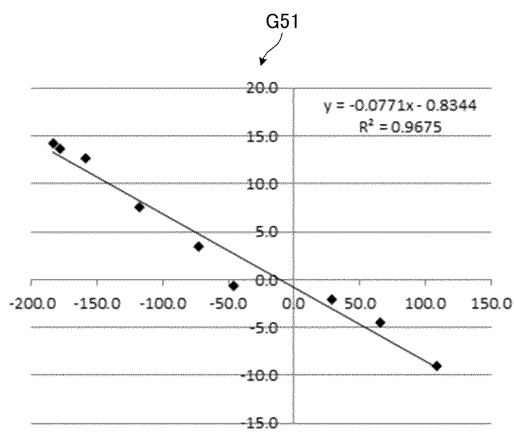
【図 19】



【図 20】

81a GyroY (rad/s)	81b HS (m/s)	81c GyroY/HS	81d 左右打点 測定値(mm)	81e 高さ打点 測定値(mm)	81f 高さ補正左右 打点位置(mm)
-225.7	1.9	-117.4	6	12	7.5
-125.0	1.7	-72.9	3	9	3.4
56.7	2.0	28.7	-1	5	-2.1
-342.7	1.9	-184.0	15	6	14.3
-74.0	1.6	-45.5	-1	9	-0.6
-304.4	1.9	-159.0	13	7	12.6
-376.3	2.1	-178.8	14	7	13.6
205.1	1.9	108.9	-9	8	-9.0
124.8	1.9	66.1	-3	4	-4.5

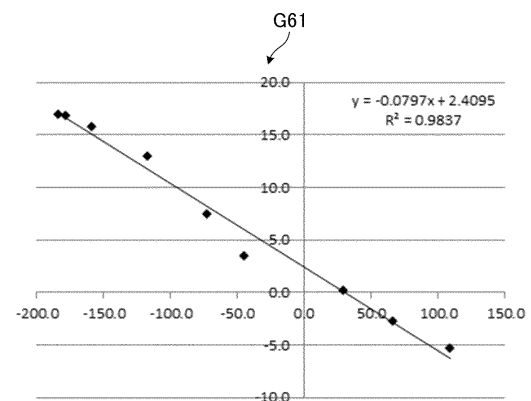
【図 21】



【図 22】

81a GyroY (rad/s)	81b HS (m/s)	81c GyroY/HS	81d 左右打点 測定値(mm)	81e 高さ打点 測定値(mm)	91a 高さ補正左右 打点位置(mm)
-225.7	1.9	-117.4	6	12	13.0
-125.0	1.7	-72.9	3	9	7.5
56.7	2.0	28.7	-1	5	0.2
-342.7	1.9	-184.0	15	6	17.0
-74.0	1.6	-45.5	-1	9	3.5
-304.4	1.9	-159.0	13	7	15.8
-376.3	2.1	-178.8	14	7	16.8
205.1	1.9	108.9	-9	8	-5.3
124.8	1.9	66.1	-3	4	-2.7

【図 23】

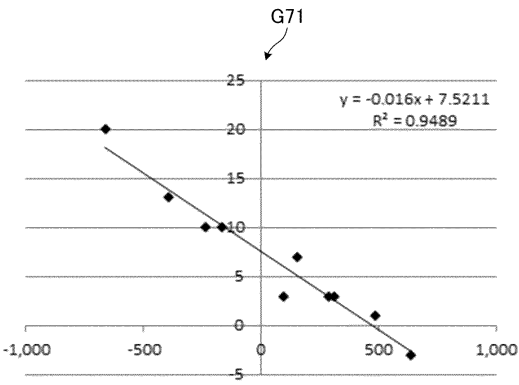


【図 2 4】

101

101a	101b	101c	101d
GyroY (rad/s)	テークバック 距離(m)	GyroY/ テークバック 距離	打点測定値 (mm)
-106.9	0.16	-662	20
46.0	0.15	310	3
23.8	0.15	155	7
100.7	0.16	640	-3
95.5	0.20	484	1
19.9	0.21	94	3
72.9	0.25	288	3
-39.3	0.24	-163	10
-43.2	0.18	-237	10
-67.8	0.17	-396	13

【図 2 5】

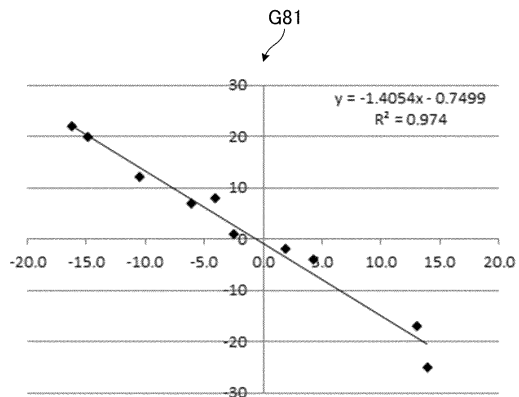


【図 2 6】

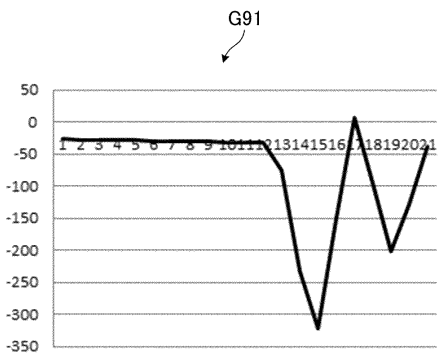
111

111a	111b	111c	111d
GyroY (rad/s)	テークバック 角度(deg)	GyroY/ テークバック 角度	打点測定値 (mm)
-332	22	-14.9	20
-121	20	-6.1	7
-186	18	-10.5	12
-339	21	-16.3	22
-51	21	-2.4	1
-91	22	-4.0	8
84	19	4.3	-4
31	16	1.9	-2
287	22	13.1	-17
371	27	14.0	-25

【図 2 7】



【図 2 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 4 - 1 4 1 1 8 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 3 0 4 1 4 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 2 5 4 9 9 (J P , A)
米国特許第 0 8 6 9 6 4 8 2 (U S , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 3 B 6 9 / 0 0 - 6 9 / 4 0