

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6981735号
(P6981735)

(45) 発行日 令和3年12月17日(2021.12.17)

(24) 登録日 令和3年11月22日(2021.11.22)

(51) Int.Cl. F I
A 6 3 B 71/06 (2006.01) A 6 3 B 71/06 U

請求項の数 7 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2016-116739 (P2016-116739)	(73) 特許権者	000183233
(22) 出願日	平成28年6月12日 (2016. 6. 12)		住友ゴム工業株式会社
(65) 公開番号	特開2017-217423 (P2017-217423A)		兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号
(43) 公開日	平成29年12月14日 (2017.12.14)	(74) 代理人	100124039
審査請求日	平成31年4月22日 (2019. 4. 22)		弁理士 立花 顕治
審判番号	不服2020-12819 (P2020-12819/J1)	(74) 代理人	100210251
審判請求日	令和2年9月14日 (2020. 9. 14)		弁理士 大古場 ゆう子
		(72) 発明者	岡崎 弘祐
			兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号
			住友ゴム工業株式会社内
		(72) 発明者	植田 勝彦
			兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号
			住友ゴム工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GUI表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

GUI画面を表示するGUI表示装置であって、

$i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2以上の整数) に対し、前記GUI画面上において、ゴルフクラブのスイング動作中の第 i 番目のタイミングにおけるコックを溜める強さとして、第 i 番目のタイミングにおけるゴルファーの腕が出力するパワー(仕事率)である腕出力パワーの大きさを表す第1図形 $G_1(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおけるコックを解放する強さとして、第 i 番目のタイミングにおける前記ゴルフクラブに入力されるパワー(仕事率)であるクラブ入力パワーの大きさを表す第2図形 $G_2(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおける前記ゴルファーの腕を表す図形である腕図形 $G_3(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおける前記ゴルフクラブを表す図形であるクラブ図形 $G_4(i)$ とを同時に表示する表示制御部

を備え、

前記腕出力パワーは、第 i 番目のタイミングにおいて前記腕で発揮される仕事率のうち、スイング平面内で前記ゴルファーの肩を中心として前記ゴルフクラブを回転させる動作での仕事率であり、前記クラブ入力パワーは、第 i 番目のタイミングにおいて前記腕で発揮される仕事率のうち、前記スイング平面内で前記ゴルフクラブのグリップを中心として前記ゴルフクラブを回転させる動作での仕事率であり、

前記表示制御部は、前記腕出力パワーの大きさに応じて、前記第1図形 $G_1(i)$ の形態を変化させるとともに、前記クラブ入力パワーの大きさに応じて、前記第2図形 $G_2(i)$ (

i) の形態を変化させ、 $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2 以上の整数) に対し、前記 G U I 画面上において、前記腕図形 $G_3(i)$ に重ねて又はその近傍に前記第 1 図形 $G_1(i)$ を表示し、前記クラブ図形 $G_4(i)$ に重ねて又はその近傍に前記第 2 図形 $G_2(i)$ を表示する、

G U I 表示装置。

【請求項 2】

前記表示制御部は、前記 G U I 画面上において、前記第 1 図形 $G_1(i)$ 及び前記第 2 図形 $G_2(i)$ を同時に表示する画像 $I(i)$ を、 $i = 1, 2, \dots, N$ の時系列に沿って動画の態様で表示する、

請求項 1 に記載の G U I 表示装置。

10

【請求項 3】

前記表示制御部は、前記 G U I 画面上において、前記第 1 図形 $G_1(i)$ 及び前記第 2 図形 $G_2(i)$ を同時に表示する画像 $I(i)$ を、 $i = 1, 2, \dots, N$ の時系列に沿って配列する態様で表示する、

請求項 1 に記載の G U I 表示装置。

【請求項 4】

前記ゴルファーによる前記ゴルフクラブのスイング動作を計測した計測データを取得する取得部と、

前記計測データに基づいて、前記コックを溜める強さを表す第 1 指標と、前記コックを解放する強さを表す第 2 指標とを算出する算出部と

をさらに備え、

20

前記表示制御部は、前記 G U I 画面上において、前記第 1 指標及び前記第 2 指標を表示する、

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の G U I 表示装置。

【請求項 5】

前記第 1 指標及び前記第 2 指標に応じて、前記ゴルファーに適したシャフト重量である最適シャフト重量を決定する決定部

をさらに備え、

前記表示制御部は、前記 G U I 画面上において、前記最適シャフト重量を表示する、

請求項 4 に記載の G U I 表示装置。

30

【請求項 6】

G U I 画面を表示する G U I 表示プログラムであって、

$i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2 以上の整数) に対し、前記 G U I 画面上において、ゴルフクラブのスイング動作中の第 i 番目のタイミングにおけるコックを溜める強さとして、第 i 番目のタイミングにおけるゴルファーの腕が出力するパワー（仕事率）である腕出力パワーの大きさを表す第 1 図形 $G_1(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおけるコックを解放する強さとして、第 i 番目のタイミングにおける前記ゴルフクラブに入力されるパワー（仕事率）であるクラブ入力パワーの大きさを表す第 2 図形 $G_2(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおける前記ゴルファーの腕を表す図形である腕図形 $G_3(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおける前記ゴルフクラブを表す図形であるクラブ図形 $G_4(i)$ とを同時に表示するステップ

40

をコンピュータに実行させ、

前記腕出力パワーは、第 i 番目のタイミングにおいて前記腕で発揮される仕事率のうち、スイング平面内で前記ゴルファーの肩を中心として前記ゴルフクラブを回転させる動作での仕事率であり、前記クラブ入力パワーは、第 i 番目のタイミングにおいて前記腕で発揮される仕事率のうち、前記スイング平面内で前記ゴルフクラブのグリップを中心として前記ゴルフクラブを回転させる動作での仕事率であり、

前記表示するステップは、前記腕出力パワーの大きさに応じて、前記第 1 図形 $G_1(i)$ の形態を変化させるとともに、前記クラブ入力パワーの大きさに応じて、前記第 2 図形 $G_2(i)$ の形態を変化させるステップと、 $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2 以上の整

50

数)に対し、前記GUI画面上において、前記腕図形 $G_3(i)$ に重ねて又はその近傍に前記第1図形 $G_1(i)$ を表示し、前記クラブ図形 $G_4(i)$ に重ねて又はその近傍に前記第2図形 $G_2(i)$ を表示するステップとを含む、
GUI表示プログラム。

【請求項7】

GUI画面を表示するGUI表示装置であって、
ゴルファーによるゴルフクラブのスイング動作を計測した計測データを取得する取得部と、

前記計測データに基づいて、コックを溜める強さを表す第1指標と、前記コックを解放する強さを表す第2指標とを算出する算出部と、

前記GUI画面上において、前記コックを溜める強さを第1軸とし、前記コックを解放する強さを第2軸とするプロット平面内にプロットされる点として、前記第1指標及び前記第2指標を表示する表示制御部と

を備え、

前記算出部は、前記第1指標として、前記ゴルファーの腕が出力するパワー（仕事率）である腕出力パワーを算出するとともに、前記第2指標として、前記ゴルフクラブに入力されるパワー（仕事率）であるクラブ入力パワーを算出し、

前記腕出力パワーは、前記腕で発揮される仕事率のうち、スイング平面内で前記ゴルファーの肩を中心として前記ゴルフクラブを回転させる動作での仕事率であり、前記クラブ入力パワーは、前記腕で発揮される仕事率のうち、前記スイング平面内で前記ゴルフクラブのグリップを中心として前記ゴルフクラブを回転させる動作での仕事率であり、

前記プロット平面は、前記ゴルファーに推奨すべきシャフト重量帯に分割されている、GUI表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ゴルフクラブのスイング動作に関するGUI（グラフィカルユーザーインターフェース）画面を表示するGUI表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ゴルファーによるゴルフクラブのスイング動作を計測装置により計測し、計測データに基づいてスイング動作を解析する装置が公知である（特許文献1等）。このような解析の場面では、解析のアルゴリズム自体も勿論重要であるが、解析の結果をユーザに分かり易く説明することも重要である。特許文献1には、ゴルフスイングの解析結果をグラフ等を用いて分かり易く視認できるようにしたGUI画面が開示されている。なお、このようなゴルフスイングの解析結果は、ゴルファーに適したゴルフクラブのフィッティングや、ゴルファーのフォームの改善等、様々な用途で利用される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-121412号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、ゴルフスイング中には、コックを溜める動きと、コックを解放する動きとが行われ、このような動きは、ゴルファーのスイング動作を特徴付ける指標となる。従って、本発明者らは、ゴルファー固有のこれらの動きの強さを解析し、ゴルファーに提示できるようにすることが重要であると考えた。しかしながら、コックを溜める動き及びコック

10

20

30

40

50

を解放する動きが何を意味するのか、多くの一般のゴルファーが理解しているわけではない。

【0005】

本発明は、ゴルフスイング中のコックを溜める動き及びコックを解放する動きを視覚的に分かり易く説明することができるGUI表示装置を提供することを1つの目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1観点に係るGUI表示装置は、GUI画面を表示するGUI表示装置であって、表示制御部を備える。前記表示制御部は、 $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2以上の整数) に対し、前記GUI画面上において、前記ゴルフクラブのスイング動作中の第*i*番目のタイミングにおけるコックを溜める強さを表す第1図形 $G_1(i)$ と、第*i*番目のタイミングにおけるコックを解放する強さを表す第2図形 $G_2(i)$ とを同時に表示する。

10

【0007】

第2観点に係るGUI表示装置は、第1観点に係るGUI表示装置であって、前記表示制御部は、前記GUI画面上において、前記第1図形 $G_1(i)$ 及び前記第2図形 $G_2(i)$ を同時に表示する画像 $I(i)$ を、 $i = 1, 2, \dots, N$ の時系列に沿って動画の態様で表示する。

【0008】

第3観点に係るGUI表示装置は、第1観点に係るGUI表示装置であって、前記表示制御部は、前記GUI画面上において、前記第1図形 $G_1(i)$ 及び前記第2図形 $G_2(i)$ を同時に表示する画像 $I(i)$ を、 $i = 1, 2, \dots, N$ の時系列に沿って配列する態様で表示する。

20

【0009】

第4観点に係るGUI表示装置は、第1観点から第3観点のいずれかに係るGUI表示装置であって、前記表示制御部は、 $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2以上の整数) に対し、前記GUI画面上において、前記第1図形 $G_1(i)$ 及び前記第2図形 $G_2(i)$ に加え、第*i*番目のタイミングにおける前記ゴルファーの腕を表す図形である腕図形 $G_3(i)$ と、第*i*番目のタイミングにおける前記ゴルフクラブを表す図形であるクラブ図形 $G_4(i)$ とを同時に表示する。

【0010】

第5観点に係るGUI表示装置は、第4観点に係るGUI表示装置であって、前記表示制御部は、 $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2以上の整数) に対し、前記GUI画面上において、前記腕図形 $G_3(i)$ に重ねて又はその近傍に前記第1図形 $G_1(i)$ を表示し、前記クラブ図形 $G_4(i)$ に重ねて又はその近傍に前記第2図形 $G_2(i)$ を表示する。

30

【0011】

第6観点に係るGUI表示装置は、第1観点から第5観点のいずれかに係るGUI表示装置であって、取得部と、算出部とをさらに備える。前記取得部は、ゴルファーによる前記ゴルフクラブのスイング動作を計測した計測データを取得する。前記算出部は、前記計測データに基づいて、前記コックを溜める強さを表す第1指標と、前記コックを解放する強さを表す第2指標とを算出する。前記表示制御部は、前記GUI画面上において、前記第1指標及び前記第2指標を表示する。

40

【0012】

第7観点に係るGUI表示装置は、第6観点に係るGUI表示装置であって、決定部をさらに備える。前記決定部は、前記第1指標及び前記第2指標に応じて、前記ゴルファーに適したシャフト重量である最適シャフト重量を決定する。前記表示制御部は、前記GUI画面上において、前記最適シャフト重量を表示する。

【0013】

第8観点に係るGUI表示プログラムは、GUI画面を表示するGUI表示プログラムであって、以下の(1)のステップをコンピュータに実行させる。

(1) $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2以上の整数) に対し、前記GUI画面上におい

50

て、前記ゴルフクラブのスイング動作中の第 i 番目のタイミングにおけるコックを溜める強さを表す第 1 図形 $G_1(i)$ と、第 i 番目のタイミングにおけるコックを解放する強さを表す第 2 図形 $G_2(i)$ とを同時に表示するステップ。

【0014】

第 9 観点に係る GUI 表示装置は、GUI 画面を表示する GUI 表示装置であって、取得部と、算出部と、表示制御部とを備える。前記取得部は、ゴルファーによるゴルフクラブのスイング動作を計測した計測データを取得する。前記算出部は、前記計測データに基づいて、前記コックを溜める強さを表す第 1 指標と、前記コックを解放する強さを表す第 2 指標とを算出する。前記表示制御部は、前記 GUI 画面上において、前記コックを溜める強さを第 1 軸とし、前記コックを解放する強さを第 2 軸とするプロット平面内にプロットされる点として、前記第 1 指標及び前記第 2 指標を表示する。前記プロット平面は、前記ゴルファーに推奨すべきシャフト重量帯に分割されている。

GUI 表示装置。

【0015】

第 10 観点に係る GUI 表示装置は、GUI 画面を表示する GUI 表示装置であって、取得部と、決定部と、表示制御部とを備える。前記取得部は、ゴルファーによるゴルフクラブのスイング動作を計測した計測データを取得する。前記決定部は、前記計測データに基づいて、インパクト時の前記ゴルフクラブに含まれるヘッドの傾きを決定する。前記表示制御部は、前記 GUI 画面上において、インパクト時の前記ヘッドを表す図形である第 1 ヘッド図形と、インパクトの直前のタイミングにおける前記ヘッドを表す図形である第 2 ヘッド図形とを同時に表示する。前記第 1 ヘッド図形は、前記ヘッドの傾きに応じて傾くように表示される。

【発明の効果】

【0016】

第 1 観点によれば、ゴルフスイング中の複数のタイミングにおける、コックを溜める強さを表す第 1 図形及びコックを解放する強さを表す第 2 図形が、GUI 画面上に表示される。また、同じタイミングにおける第 1 図形及び第 2 図形は、同時に表示される。従って、このような GUI 画面を視たユーザは、ゴルフスイング中のコックを溜める動き及びコックを解放する動きの意味するところを直感的に理解することができる。すなわち、このような GUI 画面により、ゴルフスイング中のコックを溜める動き及びコックを解放する動きを視覚的に分かり易く説明することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】本発明の一実施形態に係る GUI 表示装置（フィッティング装置）を備えるフィッティングシステムを示す図。

【図 2】フィッティングシステムの機能ブロック図。

【図 3】ゴルフクラブのグリップを基準とする $x y z$ 局所座標系を説明する図。

【図 4】（A）アドレス状態を示す図。（B）トップ状態を示す図。（C）インパクト状態を示す図。（D）フィニッシュ状態を示す図。

【図 5】フィッティング処理の流れを示すフローチャート。

【図 6】スイング平面を説明する図。

【図 7】二重振り子モデルを概念的に説明する図。

【図 8】肩挙動導出工程を概念的に説明する図。

【図 9】肩挙動導出工程を概念的に説明する別の図。

【図 10】第 1 指標算出工程の流れを示すフローチャート。

【図 11】二重振り子モデルを概念的に説明する別の図。

【図 12】腕エネルギーを説明する図。

【図 13】最適シャフト重量決定工程の流れを示すフローチャート。

【図 14】複数の最適シャフト重量帯に対応する領域に分割された腕出力パワー - クラブ入力パワー平面を示す図。

10

20

30

40

50

- 【図 15】 インターナショナル・フレックス・コード (I F C) を説明する図。
 【図 16】 シャフトの曲げ剛性の測定方法を説明する図。
 【図 17】 スイング中のシャフトの曲げを説明する図。
 【図 18】 ヘッドをフェース面側から視た図。
 【図 19】 解析の結果を表示する G U I 画面を示す図。
 【図 20】 解析の結果を表示する G U I 画面を示す別の図。
 【図 21】 解析の結果を表示する G U I 画面を示すさらに別の図。
 【図 22】 解析の結果を表示する G U I 画面を示すさらに別の図。
 【図 23 A】 スイング中に発生する力を説明する画像を示す図。
 【図 23 B】 続くタイミングでのスイング中に発生する力を説明する画像を示す図。
 【図 23 C】 さらに続くタイミングでのスイング中に発生する力を説明する画像を示す図。
 【図 23 D】 さらに続くタイミングでのスイング中に発生する力を説明する画像を示す図。
 【図 23 E】 さらに続くタイミングでのスイング中に発生する力を説明する画像を示す図。
 【図 23 F】 さらに続くタイミングでのスイング中に発生する力を説明する画像を示す図。

10

【図 24】 解析の結果を表示する G U I 画面を示すさらに別の図。
 【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 1 8 】

以下、図面を参照しつつ、本発明の一実施形態に係る G U I 表示装置及びプログラムについて説明する。

【 0 0 1 9 】

< 1 . フィッティングシステムの概略構成 >

図 1 及び図 2 に、本実施形態に係る G U I 表示装置であるフィッティング装置 2 を備えるフィッティングシステム 1 0 0 の全体構成を示す。フィッティング装置 2 は、ゴルファー 7 に適したゴルフクラブ 4 を選定するのを支援するための装置である。そのために、フィッティング装置 2 は、ゴルファー 7 によるゴルフクラブ 4 のスイング動作を計測した計測データを取得し、当該計測データに基づいて、スイング動作の解析を行う。解析の結果は、後述する画面 W 1 ~ W 5 (図 1 9 ~ 図 2 4) 等を介してユーザに提示される。なお、ここでいうユーザとは、ゴルファー 7 自身やそのインストラクター等の、解析の結果を必要とする者の総称である。本実施形態では、スイング動作の計測を行うセンサユニットは、慣性センサユニット 1 及びカメラシステム 5 であり、フィッティング装置 2 は、これらの慣性センサユニット 1 及びカメラシステム 5 とともに、フィッティングシステム 1 0 0 を構成する。以下、慣性センサユニット 1、カメラシステム 5 及びフィッティング装置 2 の構成について説明した後、フィッティング処理の流れについて説明する。

30

【 0 0 2 0 】

< 1 - 1 . 慣性センサユニットの構成 >

慣性センサユニット 1 は、図 1 及び図 3 に示すとおり、ゴルフクラブ 4 のグリップ 4 2 におけるヘッド 4 1 と反対側の端部に取り付けられており、グリップ 4 2 の挙動を計測する。なお、ゴルフクラブ 4 は、一般的なゴルフクラブであり、シャフト 4 0 と、シャフト 4 0 の一端に設けられたヘッド 4 1 と、シャフト 4 0 の他端に設けられたグリップ 4 2 とから構成される。本実施形態に係るシャフト 4 0 は、カーボン製のシャフトである。慣性センサユニット 1 は、スイング動作の妨げとならないよう、小型且つ軽量に構成されている。慣性センサユニット 1 は、ゴルフクラブ 4 の外側に取り付けることができ、ゴルフクラブ 4 に対して着脱自在に構成することができる。

40

【 0 0 2 1 】

図 2 に示すように、本実施形態に係る慣性センサユニット 1 には、加速度センサ 1 1、角速度センサ 1 2 及び地磁気センサ 1 3 が搭載されている。また、慣性センサユニット 1

50

には、これらのセンサ 1 1 ~ 1 3 から出力されるセンサデータ（計測データ）を外部のフィッティング装置 2 に送信するための通信装置 1 0 も搭載されている。なお、本実施形態では、通信装置 1 0 は、スイング動作の妨げにならないように無線式であるが、ケーブルを介して有線式にフィッティング装置 2 に接続するようにしてもよい。

【 0 0 2 2 】

加速度センサ 1 1、角速度センサ 1 2 及び地磁気センサ 1 3 はそれぞれ、グリップ 4 2 を基準とした x y z 局所座標系におけるグリップ加速度、グリップ角速度及びグリップ地磁気を計測する。より具体的には、加速度センサ 1 1 は、 x 軸、 y 軸及び z 軸方向のグリップ加速度 a_x 、 a_y 、 a_z を計測する。角速度センサ 1 2 は、 x 軸、 y 軸及び z 軸周りのグリップ角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z を計測する。地磁気センサ 1 3 は、 x 軸、 y 軸及び z 軸方向のグリップ地磁気 m_x 、 m_y 、 m_z を計測する。これらのセンサデータは、所定のサンプリング周期 t の時系列データとして取得される。なお、 x y z 局所座標系は、図 3 に示すとおりに定義される 3 軸直交座標系である。すなわち、 z 軸は、シャフト 4 0 の延びる方向に一致し、ヘッド 4 1 からグリップ 4 2 に向かう方向が、 z 軸正方向である。 x 軸は、ヘッド 4 1 のトゥ - ヒール方向にできる限り沿うように配向され、 y 軸は、ヘッド 4 1 のフェース面の法線方向にできる限り沿うように配向される。

10

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、加速度センサ 1 1、角速度センサ 1 2 及び地磁気センサ 1 3 によるセンサデータは、通信装置 1 0 を介してリアルタイムにフィッティング装置 2 に送信される。しかしながら、例えば、慣性センサユニット 1 内の記憶装置にセンサデータを格納しておき、スイング動作の終了後に当該記憶装置からセンサデータを取り出して、フィッティング装置 2 に受け渡すようにしてもよい。

20

【 0 0 2 4 】

< 1 - 2 . カメラシステムの構成 >

次に、カメラシステム 5 の構成について説明する。カメラシステム 5 は、カメラ 5 1 と、複数台のストロボ 5 3、5 4 とを備えており、ストロボ式の撮影を行う。カメラ 5 1 は、ゴルフクラブ 4 のヘッド 4 1 のクラウン部 4 1 b（図 1 8 参照）を上方から撮影できるように、ゴルフファー 7 の正面側において、支持台 5 7 に固定されており、アドレス時のボールの位置の斜め上方に配置されている。ストロボ 5 3、5 4 も、支持台 5 7 に固定されており、地面よりも上方で、カメラ 5 1 の下方に配置されている。

30

【 0 0 2 5 】

なお、ゴルフクラブのスイング動作は、一般に、アドレス、トップ、インパクト、フィニッシュの順に進む。アドレスとは、図 4（A）に示すとおり、ゴルフクラブ 4 のヘッド 4 1 をボール近くに配置した初期の状態を意味し、トップとは、図 4（B）に示すとおり、アドレスからゴルフクラブ 4 をテイクバックし、最もヘッド 4 1 が振り上げられた状態を意味する。インパクトとは、図 4（C）に示すとおり、トップからゴルフクラブ 4 が振り下ろされ（ダウンスイング）、ヘッド 4 1 がボールと衝突した瞬間の状態を意味し、フィニッシュとは、図 4（D）に示すとおり、インパクト後、ゴルフクラブ 4 を前方へ振り抜いた状態を意味する。

【 0 0 2 6 】

また、カメラシステム 5 は、投光器 5 5 A、5 5 B 及び受光器 5 6 A、5 6 B を備えており、投光器 5 5 A 及び受光器 5 6 A が 1 つのタイミングセンサを構成しており、投光器 5 5 B 及び受光器 5 6 B がもう 1 つのタイミングセンサを構成している。これらのタイミングセンサにより生成される時刻は、後述するとおり、ストロボ 5 3、5 4 の発光及びそれに続くカメラ 5 1 での撮影を行うタイミングを決定するのに使用される他、インパクト直前（インパクト時とみなし得る）のヘッド速度 V_{hi} を算出するのに使用される。

40

【 0 0 2 7 】

さらに、カメラシステム 5 は、以上の装置 5 1、5 3 ~ 5 6 B の動作を制御するための制御装置 5 0 を備えている。制御装置 5 0 は、CPU、ROM、RAM 等の他、通信部 5 0 A（図 2 参照）を備えており、通信部 5 0 A は、以上の装置 5 1、5 3 ~ 5 6 B に接続

50

されている。また、通信部 50 A は、フィッティング装置 2 の通信部 25 (図 2 参照) に
も接続されている。

【 0028 】

投光器 55 A , 55 B は、ゴルフアーク 7 の正面側の地面付近において、カメラ 51 の下
方に配置されている。一方、受光器 56 A , 56 B は、ゴルフアーク 7 の足のつま先付近に
配置されている。投光器 55 A 及び受光器 56 A は、X 軸に概ね平行な直線上に配置され
ており、互いに対向している (図 1 参照) 。投光器 55 B 及び受光器 56 B についても同
様である。投光器 55 A , 55 B は、ゴルフスイング中、常時それぞれ受光器 56 A , 5
6 B に向けて光を照射しており、受光器 56 A , 56 B がこれを受光する。しかしながら
、ゴルフクラブ 4 が投光器 55 A , 55 B と受光器 56 A , 56 B との間を通過するタイ
ミングでは、投光器 55 A , 55 B からの光がゴルフクラブ 4 により遮断されるため、受
光器 56 A , 56 B はこれを受光することができない。受光器 56 A , 56 B はこのタイ
ミングを検出し、これを受けて、制御装置 50 がそれぞれタイミング t 1 , t 2 を生成す
る。

10

【 0029 】

制御装置 50 は、このタイミング t 1 の後のタイミング t 3 において、ストロボ 53 に
発光を命令するとともに、カメラ 51 に撮影を命令する。また、制御装置 50 は、タイミ
ング t 2 よりも後のタイミング t 4 において、ストロボ 54 に発光を命令するとともに、
カメラ 51 に撮影を命令する。カメラ 51 により撮影された画像データ (計測データ) は
、制御装置 50 に送信され、制御装置 50 からさらにフィッティング装置 2 に送信される
。また、制御装置 50 は、タイミング t 1 , t 2 の情報 (計測データ) も、フィッティ
ング装置 2 に送信する。

20

【 0030 】

< 1 - 3 . フィッティング装置の構成 >

図 2 を参照しつつ、フィッティング装置 2 の構成について説明する。フィッティング装
置 2 は、CD - ROM、USB メモリ等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体 20 に
格納されたプログラム 3 を、当該記録媒体 20 から汎用のパーソナルコンピュータにイン
ストールすることにより製造される。プログラム 3 は、センサユニット 1 , 5 から送られ
てくる計測データに基づいてスイング動作を解析し、解析の結果を表示するためのソフ
トウェアである。プログラム 3 は、フィッティング装置 2 に後述する動作を実行させる。

30

【 0031 】

フィッティング装置 2 は、表示部 21、入力部 22、記憶部 23、制御部 24 及び通信
部 25 を備える。そして、これらの部 21 ~ 25 は、バス線 26 を介して接続されており
、相互に通信可能である。本実施形態では、表示部 21 は、液晶ディスプレイ等で構成さ
れ、後述する情報をユーザに対し表示する。また、入力部 22 は、マウス、キーボード、
タッチパネル等で構成することができ、フィッティング装置 2 に対するユーザからの操
作を受け付ける。通信部 25 は、フィッティング装置 2 と外部装置との通信を可能にする通
信インターフェースであり、センサユニット 1 , 5 から計測データを受信する。

【 0032 】

記憶部 23 は、ハードディスク等の不揮発性の記憶装置により構成される。記憶部 23
内には、プログラム 3 が格納されている他、センサユニット 1 , 5 から送られてくる計測
データが保存される。また、記憶部 23 内には、対応関係データ 28、ヘッドデータベ
ース (DB) 27 及びシャフトデータベース (DB) 29 が格納されている。ヘッド DB 2
7 は、多数のヘッド 41 のスペックを示す情報が、ヘッド 41 の種類を特定する情報に關
連付けて格納されたデータベースである。シャフト DB 29 は、多数のシャフト 40 のス
ペックを示す情報が、シャフト 40 の種類を特定する情報に関連付けて格納されたデー
タベースである。対応関係データ 28 については、後述する。

40

【 0033 】

制御部 24 は、CPU、ROM および RAM 等から構成することができる。制御部 24
は、記憶部 23 内のプログラム 3 を読み出して実行することにより、仮想的に取得部 24

50

A、グリップ挙動導出部 2 4 B、肩挙動導出部 2 4 C、算出部 2 4 D、決定部 2 4 E、選択部 2 4 F 及び表示制御部 2 4 G として動作する。各部 2 4 A ~ 2 4 G の動作の詳細については、後述する。

【 0 0 3 4 】

< 2 . フィッティング処理 >

続いて、フィッティングシステム 1 0 0 により実行されるフィッティング処理について説明する。本実施形態に係るフィッティング処理は、図 5 に示すとおり、以下の 1 1 個の工程 (S 1 ~ S 1 1) から構成されている。

(S 1) 慣性センサユニット 1 及びカメラシステム 5 によりゴルファー 7 によるスイング動作を計測する計測工程

10

(S 2) 計測工程で得られた $x y z$ 局所座標系でのグリップ加速度 a_x, a_y, a_z 、グリップ角速度 $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ 及びグリップ地磁気 m_x, m_y, m_z のセンサデータを、 $X Y Z$ 全体座標系でのグリップ加速度 a_x, a_y, a_z 及びグリップ角速度 $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ に変換する第 1 変換工程

(S 3) $X Y Z$ 全体座標系でのグリップ 4 2 の挙動を、スイング平面 P (後述する) 内でのグリップ 4 2 の挙動へと変換する第 2 変換工程

(S 4) スイング平面 P 内でのグリップ 4 2 の挙動に基づいて、スイング平面 P 内でのゴルファー 7 の疑似的な肩の挙動を導出する肩挙動導出工程

(S 5) スイング平面 P 内でのグリップ 4 2 の挙動及び疑似的な肩の挙動に基づいて、後述する腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} (以下、これらをまとめて、第 1 スイング指標と呼ぶことがある。) を算出する第 1 指標算出工程

20

(S 6) 第 1 スイング指標に基づいて、ゴルファー 7 に適したシャフト 4 0 の重量である最適シャフト重量を決定する最適シャフト重量決定工程

(S 7) センサデータに基づいて、第 2 スイング指標 (本実施形態では、後述する第 1 ~ 第 4 特徴量 $F_1 \sim F_4$) を算出する第 2 指標算出工程

(S 8) 第 2 スイング指標に基づいて、ゴルファー 7 に適したシャフト 4 0 の剛性 (本実施形態では、後述する I F C 及びフレックス) を示す最適剛性指標を決定する最適剛性決定工程

(S 9) 最適シャフト重量及び最適剛性指標に合致するシャフト 4 0 を選択する推奨シャフト選択工程

30

(S 1 0) 計測工程で得られた画像データ (計測データ) に基づいて、ヘッド 4 1 の挙動を決定するヘッド挙動決定工程

(S 1 1) 解析の結果を G U I 画面上に表示する結果表示工程

【 0 0 3 5 】

以下、これらの工程を順に説明する。なお、 $X Y Z$ 全体座標系は、図 1 に示すとおりに定義される 3 軸直交座標系である。すなわち、Z 軸は、鉛直下方から上方に向かう方向であり、X 軸は、ゴルファー 7 の背から腹に向かう方向であり、Y 軸は、地平面に平行でボールの打球地点から目標地点に向かう方向である。

【 0 0 3 6 】

< 2 - 1 . 計測工程 >

40

計測工程 (S 1) では、ゴルファー 7 により、上述の慣性センサユニット 1 付きゴルフクラブ 4 がスイングされる。以下、計測工程で使用されるゴルフクラブ 4 を、テストクラブと呼ぶことがある。そして、テストクラブのスイング動作中のグリップ加速度 a_x, a_y, a_z 、グリップ角速度 $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ 及びグリップ地磁気 m_x, m_y, m_z のセンサデータが、慣性センサユニット 1 により計測される。このセンサデータは、慣性センサユニット 1 の通信装置 1 0 を介してフィッティング装置 2 に送信される。一方、フィッティング装置 2 側では、取得部 2 4 A が通信部 2 5 を介してこれを受信し、記憶部 2 3 内に格納する。本実施形態では、少なくともアドレスからインパクトまでの時系列のセンサデータが計測される。

【 0 0 3 7 】

50

また、計測工程では、テストクラブのスイング動作中において、上述したタイミングセンサにより生成される時刻 t_1 、 t_2 を基準として、ストロボ 53、54 による発光処理と、カメラ 51 による撮影処理とが行われる。これにより、スイング動作中のインパクト付近のヘッド 41 の近傍の様子を写す画像データが撮影されるとともに、タイミング t_1 、 t_2 の情報が計測され、これらの計測データが通信部 50A を介してフィッティング装置 2 に送信される。一方、フィッティング装置 2 側では、取得部 24A が通信部 25 を介してこれを受信し、記憶部 23 内に格納する。

【0038】

計測工程では、テストクラブが複数回、好ましくは 2 回～5 回程度試打されることが好ましい。この場合、計測データに基づいて算出される各種値の平均値を算出することができ、以降の計算にこの平均値を使用することにより、解析の結果のバラつきを低減することができる。

【0039】

< 2 - 2 . 第 1 変換工程 >

第 1 変換工程 (S2) では、 $x y z$ 局所座標系のセンサデータが、 $X Y Z$ 全体座標系の値へと変換される。具体的には、グリップ挙動導出部 24B が、記憶部 23 内に格納されているアドレスからインパクトまでの $x y z$ 局所座標系でのグリップ加速度 a_x 、 a_y 、 a_z 、グリップ角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z 及びグリップ地磁気 m_x 、 m_y 、 m_z の時系列のセンサデータを読み出す。そして、読み出されたセンサデータに基づいて、アドレスからインパクトまでの $x y z$ 局所座標系でのグリップ加速度 a_x 、 a_y 、 a_z 及びグリップ角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z の時系列データを、アドレスからインパクトまでの $X Y Z$ 全体座標系での時系列データに変換する。以下、変換後の $X Y Z$ 全体座標系でのグリップ加速度及びグリップ角速度を、グリップ加速度 a_x 、 a_y 、 a_z 及びグリップ角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z と呼ぶ。また、第 1 変換工程では、グリップ挙動導出部 24B は、グリップ加速度 a_x 、 a_y 、 a_z の時系列データを積分することにより、アドレスからインパクトまでの $X Y Z$ 全体座標系でのグリップ速度 v_x 、 v_y 、 v_z を導出する。なお、局所座標系から全体座標系への値の変換方法については、様々知られている。従って、ここでは詳細な説明を省略するが、必要であれば、同出願人らによる特開 2016 - 2429 号公報や特開 2016 - 2430 号公報等に記載の方法に従うことができる。

【0040】

< 2 - 3 . 第 2 変換工程 >

第 2 変換工程 (S3) では、グリップ挙動導出部 24B は、第 1 変換工程で算出された $X Y Z$ 全体座標系でのグリップ 42 の挙動を、スイング平面 P 内でのグリップ 42 の挙動へと変換する。本実施形態では、スイング平面 P は、 $X Y Z$ 全体座標系の原点を含み、Y 軸及びインパクト時のシャフト 40 と平行な面として定義される (図 6 参照)。グリップ挙動導出部 24B は、アドレスからインパクトまでの $X Y Z$ 全体座標系でのグリップ速度 v_x 、 v_y 、 v_z をスイング平面 P 内へ射影したグリップ速度 (v_{py} 、 v_{pz}) を算出するとともに、以下の式に従って、アドレスからインパクトまでのスイング平面 P 内でのグリップ速度 V_{GE} (スカラー) を算出する。

【数 1】

$$V_{GE} = \sqrt{(v_{pY})^2 + (v_{pZ})^2}$$

【0041】

また、グリップ挙動導出部 24B は、グリップ速度 (v_{py} 、 v_{pz}) を積分することにより、スイング平面 P 内でのグリップ 42 の軌道を算出する。さらに、グリップ挙動導出部 24B は、スイング平面 P に直交する軸周りのグリップ角速度 ω_{px} を算出する。なお、第 2 変換工程の具体的な計算方法は、適宜選択することができるが、必要であれば、同出願人らによる特開 2016 - 2429 号公報や特開 2016 - 2430 号公報等に記載の方法に従うことができる。

【0042】

< 2 - 4 . 肩挙動導出工程 >

以下、スイング平面 P 内でのグリップの挙動に基づいて、スイング平面 P 内の疑似的な肩の挙動を導出する肩挙動導出工程 (S4) について説明する。本実施形態では、ゴルフクラブ 4 の挙動は、ゴルファー 7 の肩及びグリップ 4 2 (或いは、これを握るゴルファーの手首) を節点とし、ゴルファー 7 の腕及びゴルフクラブ 4 をリンクとする二重振り子モデル (図 7 参照) に基づいて解析される。ただし、肩の挙動は直接的に実測されるのではなく、実測されたグリップの挙動に基づいて、疑似的な肩の挙動として導出される。以下では、特に断らない限り、単に「肩」という場合も、このような疑似的な肩を意味し得るものとする。疑似的な肩とグリップ 4 2 (手首) との間を直線的に延びるものとして定義される疑似的な「腕」についても同様である。

10

【 0 0 4 3 】

グリップの挙動から肩の挙動を特定するに当たり、本実施形態に係る二重振り子モデルは、以下の (1) ~ (3) を前提とする。図 7 は、以下の前提条件を概念的に説明する図である。

- (1) スイング平面 P 上において、グリップ 4 2 (手首) は肩を中心として円運動する。
- (2) スイング平面 P 上において、肩とグリップ 4 2 との距離 (半径) R は、一定である。
- (3) 肩は、スイング動作中は動かない (ただし、回転する) 。

【 0 0 4 4 】

以上の前提の下、肩挙動導出部 2 4 C は、第 2 変換工程で得られたスイング平面 P 内でのグリップ 4 2 の軌道を、円弧 (円) に近似する (図 8 参照) 。そして、当該円弧 (円) の中心を肩の位置 $P_s = (P_{sX}, P_{sY})$ とし、当該円弧 (円) の中心からグリップ 4 2 の軌道までの平均的な距離を、腕長さ (肩とグリップ 4 2 との距離) R とする。以下、グリップ 4 2 の軌道上の点 A_i の座標を、 (X_i, Y_i) と表す ($i = 1, 2, \dots$) 。なお、ここでいう i は、時系列に沿ったデータ番号である。

20

【 0 0 4 5 】

以下に、グリップ 4 2 の軌道の近似円 (円弧) を導出する方法の一例を示す。まず、グリップ 4 2 の軌道上の任意の 3 点、例えば、 A_i, A_{i+30}, A_{i+60} を考える。このとき、任意の三角形の外接円の中心は、当該三角形の三辺の垂直二等分線の交点となることから、 A_i, A_{i+30}, A_{i+60} を頂点とする三角形を考えたとき (図 9 参照) 、以下の数 2 の式、ひいては数 3 の式が成り立つ。

30

【 数 2 】

$$(A_{i+60} - A_{i+30}) \cdot (P_s - A_{i+30} + A_{i+60}/2) = 0$$

$$(A_i - A_{i+30}) \cdot (P_s - A_i + A_{i+30}/2) = 0$$

【 数 3 】

$$\begin{bmatrix} X_{i+60} - X_{i+30} & Y_{i+60} - Y_{i+30} \\ X_i - X_{i+30} & Y_i - Y_{i+30} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{sX} \\ P_{sY} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (X_{i+60} - X_{i+30})(X_{i+60} + X_{i+30})/2 + (Y_{i+60} - Y_{i+30})(Y_{i+60} + Y_{i+30})/2 \\ (X_i - X_{i+30})(X_i + X_{i+30})/2 + (Y_i - Y_{i+30})(Y_i + Y_{i+30})/2 \end{Bmatrix}$$

40

【 0 0 4 6 】

そして、様々な i に対する複数の数 3 の式から以下の数 4 の式を作成し、疑似逆行列を導出する。これにより、グリップ 4 2 の軌道の近似円 (円弧) の中心 $P_s = (P_{sX}, P_{sY})$ を導出することができる。

【 数 4 】

$$\begin{bmatrix} X_{i+60} - X_{i+30} & Y_{i+60} - Y_{i+30} \\ X_i - X_{i+30} & Y_i - Y_{i+30} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{sX} \\ P_{sY} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (X_{i+60} - X_{i+30})(X_{i+60} + X_{i+30})/2 + (Y_{i+60} - Y_{i+30})(Y_{i+60} + Y_{i+30})/2 \\ (X_i - X_{i+30})(X_i + X_{i+30})/2 + (Y_i - Y_{i+30})(Y_i + Y_{i+30})/2 \\ \vdots \\ \vdots \end{Bmatrix}$$

【 0 0 4 7 】

50

続いて、肩挙動導出部 2 4 C は、近似円（円弧）の中心 $P_s = (P_{sX}, P_{sY})$ からグリップ 4 2 の軌道上の各点 $A_i = (X_i, Y_i)$ までの距離の平均値を算出し、腕長さ R とする。そして、肩挙動導出部 2 4 C は、この腕長さ R に基づいて、スイング平面 P 内におけるトップからインパクトまでの肩周りの角速度（腕の角速度） $\dot{\theta}_1 = V_{GE} / R$ を算出する。

すなわち、腕の角速度 $\dot{\theta}_1$ は、計測によるグリップ速度 V_{GE} が反映された値となる。

【 0 0 4 8 】

< 2 - 5 . 第 1 指標算出工程 >

以下、図 1 0 を参照しつつ、グリップ 4 2 の挙動及び肩の挙動に基づいて、第 1 スイング指標を算出する第 1 指標算出工程（S 5）について説明する。第 1 スイング指標とは、最適シャフト重量を決定するための指標であり、ゴルフファー 7 によるスイング動作を特徴付ける特徴量である。本実施形態の第 1 スイング指標は、後述される腕出力パワー P_{1-AVE} 、及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} である。

【 0 0 4 9 】

具体的には、まず、ステップ S 3 1 では、肩挙動導出部 2 4 C は、トップからインパクトまでの腕の角速度 $\dot{\theta}_1$ を積分し、トップからインパクトまでの腕の回転角度 θ_1 を算出する。なお、回転角度 θ_1 は、図 1 1 のように定義され、図 1 1 の紙面は、スイング平面 P に等しい。以下では、図 1 1 に示されるスイング平面 P 内での新たな $X Y$ 座標系に基づいて、解析が進められる。スイング平面 P 内での新たな $X Y$ 座標系の X 軸は、上述した $X Y Z$ 全体座標系の Y 軸に等しく、新たな $X Y$ 座標系の Y 軸は、 $X Y Z$ 全体座標系の Z 軸をスイング平面 P 内に投影した軸である。

【 0 0 5 0 】

また、肩挙動導出部 2 4 C は、トップからインパクトまでの腕の角速度 $\dot{\theta}_1$ を微分し、トップからインパクトまでの角加速度 $\dot{\theta}_1'$ を算出する。次に、肩挙動導出部 2 4 C は、トップからインパクトまでの腕の重心の位置 (X_1, Y_1) 、速度 (V_{X1}, V_{Y1}) 及び加速度 (A_{X1}, A_{Y1}) を算出する。これらの値は、上述した計算結果を以下の式に代入することにより算出される。

【 数 5 】

$$X_1 = r \cos \theta_1$$

$$Y_1 = r \sin \theta_1$$

$$V_{X1} = -r \omega_1 \sin \theta_1$$

$$V_{Y1} = r \omega_1 \cos \theta_1$$

$$A_{X1} = -r \omega_1' \sin \theta_1 - r \omega_1^2 \cos \theta_1$$

$$A_{Y1} = r \omega_1' \cos \theta_1 - r \omega_1^2 \sin \theta_1$$

【 0 0 5 1 】

ただし、 r は、肩から腕の重心までの距離である。本実施形態では、腕の重心は、腕の中心にあるものと仮定される。従って、 $R = 2 r$ である。

【 0 0 5 2 】

次に、ステップ S 3 2 では、グリップ挙動導出部 2 4 B は、ステップ S 3 1 と同様の演算をグリップ 4 2 周りについても行う。すなわち、トップからインパクトまでのグリップ角速度 $\dot{\theta}_2 = \dot{\theta}_{pX}$ は、グリップ 4 2 周りのゴルフクラブ 4 の角速度 $\dot{\theta}_2$ を積分し、トップからインパクトまでのグリップ 4 2 周りのゴルフクラブ 4（シャフト 4 0）の回転角度 θ_2 を算出する。回転角度 θ_2 は、図 1 1 のように定義される。

【 0 0 5 3 】

続いて、グリップ挙動導出部 2 4 B は、トップからインパクトまでのゴルフクラブ 4 の角速度 $\dot{\theta}_2$ を微分し、トップからインパクトまでの角加速度 $\dot{\theta}_2'$ を算出する。次に、グリップ挙動導出部 2 4 B は、トップからインパクトまでのゴルフクラブ 4 の重心の位置 (X_2, Y_2) 、速度 (V_{X2}, V_{Y2}) 及び加速度 (A_{X2}, A_{Y2}) を算出する。これらの値は、上

10

20

30

40

50

述した計算結果を以下の式に代入することにより算出される。

【数 6】

$$X_2=2X_1+L\cos\theta_2$$

$$Y_2=2Y_1+L\sin\theta_2$$

$$V_{X2}=2V_{X1}-L\omega_2\sin\theta_2$$

$$V_{Y2}=2V_{Y1}+L\omega_2\cos\theta_2$$

$$A_{X2}=2A_{X1}-L\omega_2'\sin\theta_2-L\omega_2^2\cos\theta_2$$

$$A_{Y2}=2A_{Y1}+L\omega_2'\cos\theta_2-L\omega_2^2\sin\theta_2$$

10

【 0 0 5 4】

ただし、Lは、グリップ42からゴルフクラブ4の重心までの距離である。Lの値は、ゴルフクラブ4のスペックであり、予め定められているものとする。

【 0 0 5 5】

次に、ステップS33では、算出部24Dは、上述した計算結果を以下の式に代入することにより、トップからインパクトまでの肩に発生する拘束力 $R_1 = (R_{X1}, R_{Y1})$ を算出するとともに、トップからインパクトまでのグリップ42に発生する拘束力 $R_2 = (R_{X2}, R_{Y2})$ を算出する。以下の式は、並進方向の力の釣り合いに基づくものである。ただし、 m_1 は、腕の質量であり、本実施形態では、腕の質量 m_1 は、適宜予め定められているものとする。例えば、解析を開始する前に、ゴルファー7の体重を入力しておき、入力された体重に所定の係数を掛ける等して、自動的に腕の質量が算出される。 m_2 は、ゴルフクラブ4の質量であり、gは、重力加速度である。また、 m_2 は、ゴルフクラブ4のスペックであり、予め定められているものとする。

20

【数 7】

$$R_{X1}=R_{X2}-m_1 \cdot A_{X1}$$

$$R_{Y1}=R_{Y2}-m_1 \cdot A_{Y1}-m_1 \cdot g \cdot \sin\alpha$$

$$R_{X2}=-m_2 \cdot A_{X2}$$

30

$$R_{Y2}=-m_2 \cdot A_{Y2}-m_2 \cdot g \cdot \sin\alpha$$

【 0 0 5 6】

続くステップS34では、算出部24Dは、上述した計算結果を以下の式に代入することにより、トップからインパクトまでの腕の重心周りのトルク T_{g1} 及びゴルフクラブ4の重心周りのトルク T_{g2} を算出する。

【数 8】

$$T_{g1}=I_1 \cdot \omega_1' + r \cdot \sin\theta_1 \cdot R_{X1} - r \cdot \cos\theta_1 \cdot R_{Y1} + r \cdot \sin\theta_1 \cdot R_{X2} - r \cdot \cos\theta_1 \cdot R_{Y2}$$

$$T_{g2}=I_2 \cdot \omega_2' + L \cdot \sin\theta_2 \cdot R_{X2} - L \cdot \cos\theta_2 \cdot R_{Y2}$$

40

ただし、 I_1 は、腕の重心周りの慣性モーメントであり、 I_2 は、ゴルフクラブ4の重心周りの慣性モーメントである。本実施形態では、腕の重心周りの慣性モーメント I_1 は、腕の重心が腕の中心にあるとの仮定の下、 $I_1 = m_1 r^2 / 3$ として算出される。また、 I_2 は、ゴルフクラブ4のスペックであり、予め定められているものとする。

【 0 0 5 7】

続くステップS35では、算出部24Dは、上述した計算結果に基づいて、トップからインパクトまでの腕の仕事率(パワー) E_1' を算出する。具体的には、 E_1' は、肩の速度ベクトルを v_s とし、グリップ42の速度ベクトルを v_g として、以下の式に従って表される。また、 v_s, v_g はそれぞれ、肩の位置ベクトル d_s 、グリップ42の位置ベクトル d_g

50

= $d_s + (2 X_1, 2 Y_1)$ を一階微分することにより算出可能である。

【数 9】

$$E_1' = -R_1 v_s^T + R_2 v_g^T + T_{g1} \omega_1 - T_{g2} \omega_1$$

【0058】

また、本実施形態では、肩は動かないため、 $v_s = (0, 0)$ となり、腕の仕事率 E_1' は、以下の式に従って算出される。算出部 24D は、上述した計算結果を以下の式に代入することにより、トップからインパクトまでの腕の仕事率 E_1' を算出する。

【数 10】

$$E_1' = R_2 v_g^T + T_{g1} \omega_1 - T_{g2} \omega_1$$

10

【0059】

ところで、ゴルフスイングにおいて、ゴルフクラブ 4 の先端（ヘッド 41）を最も加速させるためには、まず腕を十分に加速させて、その後、腕の動きを止めてゴルフクラブ 4 に勢いを与えることが求められると考えられる。ここでいう腕の加速具合とは、腕が出力するパワー（腕出力パワー） P_1 という物理指標に置き換えることができ、ゴルフクラブ 4 に与える勢いとは、ゴルフクラブ 4 に入力されるパワー（クラブ入力パワー） P_2 という物理指標に置き換えることができる。そして、腕出力パワー P_1 とは、腕の仕事率 E_1' を表す数 10 の右辺の第 2 項及び第 3 項部分に相当する。また、クラブ入力パワー P_2 とは、数 10 の式中の右辺の第 1 項部分に相当する。すなわち、腕出力パワー P_1 及びクラブ入力パワー P_2 は、以下のとおり表すことができる。ステップ S35 では、算出部 24D は、腕の仕事率 E_1' に加え、トップからインパクトまでの腕出力パワー P_1 及びクラブ入力パワー P_2 を算出する。

20

【数 11】

$$P_1 = T_{g1} \omega_1 - T_{g2} \omega_1$$

$$P_2 = R_2 v_g^T$$

【0060】

なお、スイング動作中にゴルフクラブ 4 で発揮される仕事率 E_2' は、下式のように表すことができる。すなわち、クラブ入力パワー $P_2 = R_2 v_g^T$ が橋渡しになって、腕からゴルフクラブ 4 へとエネルギーが伝達される。

30

【数 12】

$$E_2' = -R_2 v_g^T + T_{g2} \omega_2$$

【0061】

続くステップ S36 では、算出部 24D は、トップの時刻 t_t から仕事率 E_1' が最大となる時刻 t_{max} までの腕の仕事量 E_1 を算出する。腕の仕事量 E_1 は、時刻 $t_t \sim t_{max}$ の区間で腕の仕事率 E_1' を積分することにより、算出される（図 12 参照）。なお、仕事量 E_1 は、時刻 $t_t \sim t_{max}$ の間に腕で発揮される仕事量（エネルギー）を表す指標と考えることができるから、この意味で、スイング動作中の腕エネルギーと呼ぶことができる。また、算出部 24D は、時刻 $t_t \sim t_{max}$ の間に腕で発揮される平均仕事率 $E_{AVE} = E_1 / t_{max}$ を算出する。平均仕事率 E_{AVE} は、スイング動作中に単位時間あたりに平均的に発揮されないし消費される腕エネルギーである。

40

【0062】

また、算出部 24D は、トップの時刻 t_t から腕出力パワー P_1 が最大値をとる時刻 t_m までの区間で腕出力パワー P_1 を積分し、この積分値 D_1 をこの積分区間で除算することで、スイング動作中の平均的な腕出力パワー P_{1-AVE} を算出する。なお、この積分値 D_1 は、スイング動作中にゴルファーの腕が行う仕事量であり、腕出力パワーを示す指標となり得る。同様に、算出部 24D は、トップの時刻 t_t からクラブ入力パワー P_2 が最大値をとる

50

時刻 t_n までの区間でクラブ入力パワー P_2 を積分し、この積分値 D_2 をこの積分区間で除算することで、スイング動作中の平均的なクラブ入力パワー P_{2-AVE} を算出する。なお、この積分値 D_2 は、スイング動作中のゴルフクラブ 4 に対してされる仕事量であり、クラブ入力パワーを示す指標となり得る。なお、ここで示した積分区間は例示であり、例えば、時刻 t_1 からインパクトの時刻 t_i までの区間等、適宜設定し得る。

【 0 0 6 3 】

なお、以上の腕出力パワー P_1 , P_{1-AVE} とは、スイング動作中にゴルファー 7 がコックを溜める強さを表す指標であると言い換えることができる。また、クラブ入力パワー P_2 , P_{2-AVE} とは、スイング動作中にゴルファー 7 がコックを解放する強さを表す指標であると言い換えることができる。

10

【 0 0 6 4 】

続くステップ S 3 7 では、算出部 2 4 D は、スイング動作中のコック解放タイミング t_r を算出する。なお、本発明者らは、実験を通して、インパクト時のヘッド速度 V_h が、スイング動作中のコック解放タイミング t_r 、及び、腕エネルギー E_1 又は平均仕事率 E_{AVE} と相関があることを発見した。そこで、ここでは、インパクト時のヘッド速度 V_h を算出するべく、コック解放タイミング t_r が算出される。本実施形態では、コック解放タイミング t_r は、時刻 $t_1 \sim t_i$ までの区間で腕の仕事率 E_1' が最大となる時刻が、コック解放タイミング t_r として特定される。

【 0 0 6 5 】

続くステップ S 3 8 では、算出部 2 4 D は、コック解放タイミング t_r 及び腕エネルギー E_{AVE} に基づいて、インパクト時のヘッド速度 V_h を算出する。具体的には、インパクト時のヘッド速度 V_h は、下の式に従って算出される。なお、 k_1 , k_2 , k_3 は、予め行われた多数の実験結果から重回帰分析により得られた定数であり、記憶部 2 3 内に予め保持されている値である。以上より、指標算出工程が終了する。

20

$$V_h = k_1 \cdot E_{AVE} + k_2 \cdot t_r + k_3$$

【 0 0 6 6 】

< 2 - 6 . 最適シャフト重量決定工程 >

以下、図 1 3 を参照しつつ、最適シャフト重量決定工程 (S 6) の流れについて説明する。最適シャフト重量決定工程は、腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} の大きさに応じて、最適シャフト重量の範囲 (以下、最適シャフト重量帯) を決定するステップである。ここでは、 P_{1-AVE} , P_{2-AVE} の値が大きい程、最適シャフト重量帯は段階的に大きな値に設定される。

30

【 0 0 6 7 】

まず、ステップ S 4 1 では、決定部 2 4 E は、第 1 指標算出工程で算出された (P_{1-AVE} , P_{2-AVE}) で表される点が、図 1 4 に示す $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面において直線 L 1 の上側にあるか、すなわち、図 1 4 の領域 A 1 に属するか否か (以下、条件 1) を判定する。そして、条件 1 が満たされる場合には、80 g 以上が最適シャフト重量帯であると判定する。一方、ステップ S 4 1 で条件 1 が満たされない場合には、ステップ S 4 2 に進む。ステップ S 4 2 では、決定部 2 4 E は、第 1 指標算出工程で算出された (P_{1-AVE} , P_{2-AVE}) で表される点が、図 1 4 に示す $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面において直線 L 2 の上側かつ直線 L 1 よりも下側にあるか、すなわち、図 1 4 の領域 A 2 に属するか否か (以下、条件 2) を判定する。そして、条件 2 が満たされる場合には、70 g 以上、80 g 未滿が最適シャフト重量帯であると判定する。一方、ステップ S 4 2 で条件 2 が満たされない場合には、ステップ S 4 3 に進む。ステップ S 4 3 では、決定部 2 4 E は、第 1 指標算出工程で算出された (P_{1-AVE} , P_{2-AVE}) で表される点が、図 1 4 に示す $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面において直線 L 3 の上側かつ直線 L 2 よりも下側にあるか、すなわち、図 1 4 の領域 A 3 に属するか否か (以下、条件 3) を判定する。そして、条件 3 が満たされる場合には、60 g 以上、70 g 未滿が最適シャフト重量帯であると判定する。一方、ステップ S 4 3 で条件 3 が満たされない場合には、ステップ S 4 4 に進む。ステップ S 4 4 では、決定部 2 4 E は、第 1 指標算出工程で算出された (P_{1-AVE} , P_{2-AVE}) で表される点が、図 1 4 に示す P

40

50

$P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面において直線 L 4 の上側かつ直線 L 3 よりも下側にあるか、すなわち、図 1 4 の領域 A 4 に属するか否か（以下、条件 4）を判定する。そして、条件 4 が満たされる場合には、50 g 以上、60 g 未満が最適シャフト重量帯であると判定する。一方、ステップ S 4 4 で条件 4 が満たされない場合、すなわち、第 1 指標算出工程で算出された (P_{1-AVE}, P_{2-AVE}) で表される点が、図 1 4 に示す $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面において直線 L 4 よりも下側にあり、図 1 4 の領域 A 5 に属する場合には、55 g 以下が最適シャフト重量帯であると判定する。

【0068】

以上の最適シャフト重量決定工程は、以下の知見に基づく。すなわち、本発明者らは、多数のゴルファーにテストクラブをスイングさせ、このときの腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} を算出した。また、同じゴルファーに、様々なシャフト重量のゴルフクラブをスイングさせ、最大の飛距離を与えるシャフト重量を算出し、これを最適シャフト重量とした。

【0069】

上記の実験からは、最適シャフト重量は、同じゴルファーによるテストクラブのスイング時の腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} が共に大きいほど、大きくなる傾向にあることが確認された。その結果、本発明者らは、腕出力パワー P_{1-AVE} - クラブ入力パワー P_{2-AVE} 空間を、図 1 4 に示すように領域分割することで、最適シャフト重量帯に対応する領域 A 1 ~ A 5 を定義可能であることを発見した。すなわち、上述のステップ S 4 1 ~ S 4 4 は、腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} を示す点が、 $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 空間におけるどの領域にプロットされるかに応じて、最適シャフト重量帯を判定するステップとなっている。ステップ S 4 1 ~ S 4 4 での判定に使用される閾値、言い換えると、図 1 4 に示す分割領域 A 1 ~ A 5 の境界線 L 1 ~ L 4 を特定する情報等は、対応関係データ 2 8 として記憶部 2 3 内に格納されている。すなわち、対応関係データ 2 8 とは、 P_{1-AVE}, P_{2-AVE} の大きさと最適シャフト重量帯との対応関係を定めるデータである。なお、境界線 L 1 ~ L 4 は互いに概ね平行であり、いずれも $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面において負の傾きを持つ直線である。ステップ S 4 1 ~ S 4 4 では、この記憶部 2 3 内の対応関係データ 2 8 が参照され、上記の判定が行われる。なお、図 2 では、対応関係データ 2 8 は、プログラム 3 とは別のデータとして示されているが、プログラム 3 内に組み込まれていてもよい。

【0070】

< 2 - 7 . 第 2 指標算出工程 >

以下、計測工程で得られたセンサデータに基づいて、第 2 スイング指標を算出する第 2 指標算出工程 (S 7) について説明する。第 2 スイング指標とは、最適剛性指標を決定するための指標であり、ゴルファー 7 によるスイング動作を特徴付ける特徴量である。本実施形態では、第 2 スイング指標として、後述される第 1 ~ 第 4 特徴量 $F_1 \sim F_4$ が算出される。

【0071】

第 1 ~ 第 4 特徴量 $F_1 \sim F_4$ について理解するためには、まず、最適剛性指標について理解することが重要である。最適剛性指標とは、ゴルファー 7 に適したシャフト 4 0 の剛性を示す指標のことであり、本実施形態では、シャフト 4 0 の剛性は、シャフト 4 0 の複数の位置における曲げ剛性の分布（以下、EI 分布）として評価される。本実施形態に係る EI 分布は、定量的に数値を用いて表現され、より具体的には、インターナショナル・フレックス・コード (IFC) を用いて算出される。そのため、まず、この IFC について説明する。なお、IFC は、本出願人により広く提案されているシャフトの特性を示す公知の指標であり、例えば、特許文献 1 をはじめとして、既に様々な文献で詳しく説明されている。従って、ここで改めて説明する必要は必ずしもないが、参考のため、ここでも説明を行う。

【0072】

IFC は、図 1 5 に示すとおり、シャフト 4 0 の延びる方向に沿った 4 つの位置 H 1 ~

10

20

30

40

50

H 4 におけるシャフト 4 0 の曲げ剛性をそれぞれ 0 ~ 9 の 1 桁の数値で表し、この 4 つの数値をシャフト 4 0 の延びる方向に沿って配列したコードである。より具体的には、シャフト 4 0 のバット端からチップ端に向かってこの順に概ね一定間隔で、4 つの測定点 H 1 ~ H 4 が定義される。例えば、シャフト 4 0 のチップ端から 3 6 インチの箇所を測定点 H 1 とし、2 6 インチの箇所を測定点 H 2 とし、1 6 インチの箇所を測定点 H 3 とし、6 インチの箇所を測定点 H 4 とすることができる。そして、これらの 4 つの測定点 H 1 ~ H 4 のそれぞれにおける曲げ剛性の値（以下、EI 値） $J_1 \sim J_4$ が計測される。

【 0 0 7 3 】

シャフト 4 0 の各測定点 H (H 1 ~ H 4) における EI 値 ($N \cdot m^2$) は、様々な方法で測定することができ、例えば、インテスコ社製の 2 0 2 0 型計測機 (最大荷重 5 0 0 k g f) を用いて図 1 6 に示すようにして測定することができる。この測定方法では、2 つの支持点 1 1 1 , 1 1 2 でシャフト 4 0 を下方から支持しつつ、測定点 H に上方から荷重 F を加えたときのたわみ量を測定する。支持点 1 1 1 と支持点 1 1 2 との間の距離 (スパン) は、例えば、2 0 0 m m とすることができ、測定点 H は、支持点 1 1 1 と支持点 1 1 2 の中間点とすることができる。より具体的には、支持点 1 1 1 , 1 1 2 を支える支持体 1 1 4 , 1 1 5 を固定した状態で、測定点 H において圧子 1 1 3 を一定速度 (例えば、5 m m / 分) で下方へ移動させる。そして、荷重 F が 2 0 k g f に達した時点で圧子 1 1 3 の移動を終了させ、この瞬間のシャフト 4 0 のたわみ量 (m m) を測定し、このたわみ量を EI 値 ($N \cdot m^2$) に換算する。

【 0 0 7 4 】

次に、以上の 4 つの測定点 H 1 ~ H 4 における EI 値 $J_1 \sim J_4$ を、それぞれ 1 0 段階のランク値 $K_1 \sim K_4$ に変換する。具体的には、ランク値 $K_1 \sim K_4$ は、それぞれ測定点 H 1 ~ H 4 用の以下の変換表 (表 1 ~ 表 4) に従って、EI 値 $J_1 \sim J_4$ から算出することができる (表 1 ~ 4 中、変換後のランク値を I F C の欄に示している) 。そして、このようにして測定点 H 1 ~ H 4 にそれぞれ付与された 4 つのランク値 $K_1 \sim K_4$ を、よりバット側に対応する値がより左に、よりチップ側に対応する値がより右にくるように配列する。こうして得られた 4 桁のコードが、I F C である。I F C では、各桁の数値が大きい程、対応する位置での剛性が高いことを意味する。

【 表 1 】

(a) 36 桁の I F C

IFC	EI 値 [$\times 9.8N \cdot m^2$]		
	最大	~	最小
9		~	8.295
8	8.295	~	7.86
7	7.86	~	7.425
6	7.425	~	6.99
5	6.99	~	6.555
4	6.555	~	6.12
3	6.12	~	5.685
2	5.685	~	5.25
1	5.25	~	4.185
0	4.185	~	0

【表 2】

(b) 26インチのIFC

IFC	EI値[$\times 9.8\text{N}\cdot\text{m}^2$]		
	最大	～	最小
9		～	5.543
8	5.543	～	5.306
7	5.306	～	5.069
6	5.069	～	4.832
5	4.832	～	4.595
4	4.595	～	4.358
3	4.358	～	4.121
2	4.121	～	3.884
1	3.884	～	3.647
0	3.647	～	0

10

20

【表 3】

(c) 16インチのIFC

IFC	EI値[$\times 9.8\text{N}\cdot\text{m}^2$]		
	最大	～	最小
9		～	3.849
8	3.849	～	3.658
7	3.658	～	3.467
6	3.467	～	3.276
5	3.276	～	3.085
4	3.085	～	2.894
3	2.894	～	2.703
2	2.703	～	2.512
1	2.512	～	2.321
0	2.321	～	0

30

40

【表 4】

(d) 6インチのIFC

IFC	EI値[×9.8N・m ²]		
	最大	～	最小
9		～	2.94
8	2.94	～	2.86
7	2.86	～	2.78
6	2.78	～	2.7
5	2.7	～	2.62
4	2.62	～	2.54
3	2.54	～	2.46
2	2.46	～	2.38
1	2.38	～	2.3
0	2.3	～	0

10

20

【0075】

第2指標算出工程では、算出部24Dにより、第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ が算出される。本実施形態では、第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ は、それぞれゴルファー7に適したEI値 $J_1 \sim J_4$ である最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ 、ひいてはゴルファー7に適したランク値 $K_1 \sim K_4$ である最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ を決定するための指標である。そのため、本実施形態では、第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ としては、それぞれ最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ と相関を有する特徴量が選択される。また、本実施形態では、第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ として以下の指標が用いられるが、第2スイング指標としては、最適剛性指標との相関が認められる限り、その他の任意の特徴量を用いることができる。

30

【0076】

第1特徴量 F_1 は、トップ付近のコック方向の角速度 ω_y の傾きであり、例えばトップから50ms前の角速度 ω_y の絶対値と、トップから50ms後の角速度 ω_y の絶対値との和で表すことができる。

【0077】

第2特徴量 F_2 は、トップから、角速度 ω_y が最大となる時点までの当該角速度 ω_y の平均値である。第2特徴量 F_2 は、まず、トップからインパクトまでの間で角速度 ω_y が最大となる時点を求め、トップからこの時点までの角速度 ω_y の累積値を、トップからこの時点までの時間で除することにより算出される。

40

【0078】

第3特徴量 F_3 は、角速度 ω_y が最大となる時点からインパクトまでの当該角速度 ω_y の平均値である。第3特徴量 F_3 は、角速度 ω_y が最大となる時点からインパクトまでの角速度 ω_y の累積値を、角速度 ω_y が最大となる時点からインパクトまでの時間で除することにより算出される。

【0079】

第4特徴量 F_4 は、トップからインパクトまでの角速度 ω_y の平均値であり、トップからインパクトまでの角速度 ω_y の累積値を、トップからインパクトまでの時間で除することにより算出される。

【0080】

50

ところで、スイング動作中、ゴルフクラブ4のシャフト40は、当該ゴルフクラブの先端に比較的重量が大きいヘッド41が存在するため、その慣性により曲げが生じる。この曲げは、スイングの全過程において、シャフト40の同一箇所に生じるのではなく、図17に示されるように、トップからインパクトに向けてシャフト40の手元側から先端側に伝わる。換言すれば、トップからインパクトに向けてスイングが進行するにしたがい、シャフト40における曲げの位置が当該シャフト40の手元側から先端側に移動する。

【0081】

より具体的には、アドレスからテイクバックを行い、トップに至った時点（図17において（1）で示される時点）では、シャフト40の手元付近に曲げが生じる。ついで、切り返しを行い、ダウンスイング初期（図17において（2）で示される時点）に至ると、曲げはシャフト40の先端側にやや移動する。さらに、ゴルファー7の腕が水平になる時点（図17において（3）で示される時点）では、曲げはシャフト40中央よりも先端側に移動する。そして、インパクト直前（図17において（4）で示される時点）では、曲げはシャフト40の先端付近まで移動する。

【0082】

従って、第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ は、それぞれスイング動作中のトップ付近からインパクト付近までの間の第1～第4区間において算出することができる。また、ここでの第1～第3区間は、この順に時間経過に沿った区間であり、互いに一部重複する又は重複することのない区間となっている。

【0083】

< 2 - 8 . 最適剛性決定工程 >

次に、最適剛性決定工程（S8）の流れについて説明する。本工程では、決定部24Eが、第2スイング指標（第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ ）と最適剛性指標（最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ ）との相関関係を表す予め定められた近似式に従って、最適剛性指標（最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ ）を決定する。本実施形態に係る近似式は、線形近似式であり、以下のように表される。

$$J_{S1} = a_1 \cdot F_1 + b_1$$

$$J_{S2} = a_2 \cdot F_2 + b_2$$

$$J_{S3} = a_3 \cdot F_3 + b_3$$

$$J_{S4} = a_4 \cdot F_4 + b_4$$

【0084】

決定部24Eは、第2指標算出工程で算出された第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ をかかるとの近似式に代入することにより、最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ を算出する。また、決定部24Eは、上述の表1～表4の換算表に従って、最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ をそれぞれ最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ に変換する。

【0085】

なお、上式中、 $a_1 \sim a_4$ 及び $b_1 \sim b_4$ は、予め行われた多数の実験結果から回帰分析により得られた定数であり、記憶部23内に予め保持されている値である。ここでいう実験とは、例えば、特許文献1と同様に、以下のように行うことができる。すなわち、まず、多数のゴルファーの各々に複数のゴルフクラブを振ってもらい、そのときの飛距離、打球の方向性（左右ずれ）及び官能試験による振り易さを数値化する。そして、その数値から各ゴルファーに適しているゴルフクラブを決定し、当該ゴルフクラブのEI値を当該ゴルファーの最適EI値とする。また、上記と同様の方法で、各ゴルファーの第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ を算出する。そして、かかる実験の後、多数のゴルファー分の第1～第4特徴量 $F_1 \sim F_4$ 及び最適EI値のデータを回帰分析することで、 $a_1 \sim a_4$ 及び $b_1 \sim b_4$ が算出される。

【0086】

また、より信頼性の高い近似式とするために、 $a_1 \sim a_4$ 及び $b_1 \sim b_4$ の値を条件に応じて変更することができる。例えば、ヘッド速度 V_h に応じて、近似式を用意することができる。一例としては、上記実験データを、ヘッド速度帯に応じて分類し（例えば、4

10

20

30

40

50

5 m/s 以上、41 ~ 45 m/s、41 m/s 以下)、同じ分類に属するデータのみを対象に上記近似式を作成し、 $a_1 \sim a_4$ 及び $b_1 \sim b_4$ を決定しておくことができる。そして、最適剛性決定工程では、ゴルフアー7のヘッド速度 V_h がどのヘッド速度帯に属するかを判断し、当該ヘッド速度帯に対応する近似式を用いて、最適剛性指標である最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ を算出する。

【0087】

また、本実施形態では、最適剛性指標として、最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ だけでなく、最適フレックスも決定される。具体的には、決定部24Eは、最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ に基づいて、最適フレックスを決定する。フレックスとは、シャフト40全体での硬さ(曲げ剛性)を評価する指標である。従って、シャフト40の複数の位置におけるゴルフアー7に適した曲げ剛性を表す最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ が分かれば、これらの値に基づいて最適フレックスを算出することができる。例えば、特定の位置での最適ランク値を最適フレックスとすることもできるし、複数の位置での最適ランク値の平均値を最適フレックスとすることもできる。フレックスには、例えば、「SR」「S」「X」などの様々な種類が存在するが、最適フレックスは、このうちの1つに特定される必要はなく、「SR」か「S」や、「S」か「X」等、幅を持つように設定することができる。

【0088】

なお、他の実施形態では、最適フレックスを最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ ではなく、最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ から直接算出することもできるし、これらの値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ 、 $K_{S1} \sim K_{S4}$ に基づかずに算出することもできる。後者の場合、最適フレックスを特定可能な適切な特徴量を第2スイング指標決定工程で算出しておけばよい。

【0089】

<2-9. 推奨シャフト選択工程>

以上の工程 $S_1 \sim S_8$ により、最適シャフト重量帯及び最適剛性指標(最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ 、最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ 及び最適フレックス)が決定されると、選択部24Fは、推奨シャフト選択工程(S_9)を実行する。本工程では、シャフトDB29内に登録されている多数のシャフトの中から、ゴルフアー7に適したシャフト40(以下、推奨シャフト)が特定される。また、本実施形態では、推奨シャフトとして、最適シャフト重量帯を基準としたシャフトである第1推奨シャフトと、ゴルフアー7の普段使用しているゴルフクラブの重量(以下、マイクラブ重量)を基準とした推奨シャフトである第2推奨シャフトとが決定される。

【0090】

第1推奨シャフトの決定方法について説明する。まず、選択部24Fは、シャフトDB29内に登録されている全てのシャフト40のスペックを示す情報を読み出す。シャフトDB29内に登録されているシャフト40のスペックを示す情報には、製造メーカー、型番、4つの位置 $H_1 \sim H_4$ におけるEI値 $J_1 \sim J_4$ 及びランク値 $K_1 \sim K_4$ (IFC)、シャフト40の重量、フレックス、トルク、調子等が含まれる。そして、選択部24Fは、これらの情報を参照して、シャフトDB29内に登録されている全てのシャフト40の中から、第1絞り込みシャフトを特定する。第1絞り込みシャフトとは、シャフト40の重量が最適シャフト重量帯に属し、かつ、フレックスが最適フレックスに一致するシャフト40である。なお、第1絞り込みシャフトは、通常多数本存在する。

【0091】

続いて、選択部24Fは、各第1絞り込みシャフトについて、当該シャフトのランク値 $K_1 \sim K_4$ と、最適剛性決定工程で決定された最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ との一致度を算出し、第1推奨シャフトとして、一致度の高いシャフトを特定する。一致度は、例えば、以下の数25の式に従って算出することができ、値が小さいほど一致度が高い。

【数13】

$$(\text{一致度}) = \sum_{i=1}^4 |K_i - K_{Si}|$$

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

次に、第2推奨シャフトの決定方法について説明する。まず、選択部24Fは、推奨ゴルフクラブに用いられるべきヘッド41(以下、推奨ヘッド)の種類を決定する。推奨ヘッドの種類は、本明細書では説明されないフィッティング処理により行うこともできるし、表示部21及び入力部22を介してユーザに質問する等してお好みのヘッド41を選択させることにより行うこともできる。また、選択部24Fは、表示部21及び入力部22を介してユーザに質問する等して、マイクラブ重量を特定する。

【 0 0 9 3 】

続いて、選択部24Fは、推奨ヘッドのスペックを示す情報をヘッドDB27内から読み出すとともに、シャフトDB29内に登録されている全てのシャフト40のスペックを示す情報を読み出す。ヘッドDB27内に登録されているヘッド41のスペックを示す情報には、製造メーカー、型番及び重量等が含まれる。そして、選択部24Fは、これらの情報を参照して、シャフトDB29内に登録されている全てのシャフト40の中から、第2絞り込みシャフトを特定する。第2絞り込みシャフトとは、最適フレックスに一致するフレックスを有し、推奨ヘッドと組み合わせたときの重量がマイクラブ重量±所定値(グリップの重量及びフェールの重量等に誤差範囲を加えた値)の範囲内となる重量を有するシャフト40である。なお、第2絞り込みシャフトは、通常多数本存在する。

【 0 0 9 4 】

続いて、選択部24Fは、各第2絞り込みシャフトについて、当該シャフトのランク値 $K_1 \sim K_4$ と、最適剛性決定工程で決定された最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$ との一致度を算出し、第2推奨シャフトとして、一致度の高いシャフトを特定する。一致度は、数13の式に従って算出することができる。なお、第1推奨シャフトとしては、1本のみ特定されてもよいし、複数本が特定されてもよい。第2推奨シャフトについても、同様である。

【 0 0 9 5 】

< 2 - 1 0 . ヘッド挙動決定工程 >

続いて、決定部24Eは、計測工程で得られた画像データに基づいて、ヘッド41の挙動を決定するヘッド挙動決定工程(S10)を実行する。本実施形態では、ヘッド41の挙動として、インパクト直前のヘッド速度 V_{hi} 、インパクト時のフェース角、ヘッド軌道の角度、打点を算出する。なお、ここでいうヘッド軌道とは、アウトサイドイン、インサイドアウト、インサイドイン等の軌道の種類を意味し、ヘッド軌道の角度として、定量的な角度が算出される。打点は、ヘッド41のフェース面41a上におけるボールの打点である。

【 0 0 9 6 】

インパクト直前のヘッド速度 V_{hi} は、以下のように算出される。すなわち、投光器55A, 55Bと受光器56A, 56Bとの間隔は既知である。従って、タイミング t_1, t_2 が分かれば、インパクト直前のヘッド速度 V_{hi} を算出することができるため、決定部24Eは、タイミング t_1, t_2 の情報に基づいて、ヘッド速度 V_{hi} を算出する。

【 0 0 9 7 】

また、インパクト時のフェース角及びヘッド軌道は、画像データを画像処理することにより決定される。図18は、ヘッド41をフェース面41a側から見た図である。同図に示すように、本実施形態に係るヘッド41のクラウン部41bには、フェース面41aに沿うように帯状のマーカーM1が貼付されている。マーカーM1は、ストロボ53, 54からの光を効率的に反射する素材で形成されている。従って、カメラ51により撮影された画像上においては、マーカーM1の領域、言い換えると、ヘッド41の平面視においてフェース面41aに沿った帯状の領域が鮮明に写り込むことになる。決定部24Eは、記憶部25内に記憶されているインパクト直前の2つのタイミングにおける画像(ストロボ53, 54の発光のタイミングでの2枚の画像)から、マーカーM1の像を抽出する。そして、これらのマーカーM1の像に基づいて、インパクト時のフェース角を推定する。また、これらのマーカーM1の像の重心を結ぶベクトルと、飛球線方向のベクトルとの為す角度を算出し、この角度からアウトサイドイン等の軌道の種類を特定するとともに、この

角度をヘッド軌道の角度として決定する。

【0098】

また、決定部24Eは、画像データを画像処理にすることにより、打点を決定する。より具体的には、インパクト時又はその付近の画像において、ボール及びフェース面41aの画像を抽出し、これらの位置関係から打点を算出する。本実施形態では、フェース面41aの幾何学中心であるフェースセンターから、打点がトゥ・ヒール方向にどれ位ずれているかが定量的に算出される。

【0099】

<2-11. 結果表示工程>

次に、以上の解析の結果を示すGUI画面を作成し、これを表示する結果表示工程(S11)について説明する。本実施形態では、GUI画面として、図19~図24に示すような画面W1~W5が表示部21上に表示される。

【0100】

表示制御部24Gは、入力部22を介したユーザの操作を受けて、画面W1~W5を適宜切り替えながら、表示部21上に表示させる。本実施形態では、画面W1~W4は、図19、図20、図22及び図24に示すようにタブ形式で表示され、現在選択されているタブに対応する画面が表示部21上に表示される。

【0101】

図19に示す画面W1は、「スイングの傾向」というタブに対応する画面であり、文字どおり、主としてゴルファー7のスイングの傾向を表示する。まず、画面W1上の左半分の領域C1内では、「コックの動きの速度度合い」、「手の甲の動き」、「手のローテーション」及び「コックの使い方」が、スライダー形式で定量的に表示される。従って、画面W1を見たユーザは、スライダーの位置といった図形的な観点から直感的に、各種指標の大小を正しく評価することができる。

【0102】

「コックの動きの速度度合い」としては、トップ付近、ダウンスイング前半、ダウンスイング後半及びダウンスイング全体の4つの期間における値が表示され、スライダーが左に配置されるほどこの度合いが小さく、右に配置されるほど大きいことを意味している。「コックの動きの速度度合い」は、対応する期間の角速度 ω_y に基づいて決定部24Eにより決定される。「手の甲の動き」としては、トップ付近の値が表示され、スライダーが左に配置されるほど手の甲が開いており、右に配置されるほど閉じていることを意味している。「手の甲の動き」は、トップ付近の角速度 ω_x に基づいて決定部24Eにより決定される。「手のローテーション」としては、ダウンスイング全体及びインパクト直前の2つの期間における値が表示され、スライダーが左に配置されるほど手のローテーションが少なく、右に配置されるほど多いことを意味している。「手のローテーション」は、対応する期間における角速度 ω_z に基づいて決定部24Eにより決定される。

【0103】

「コックの使い方」としては、「コックを溜める強さ」及び「コックを解放する強さ」が表示され、スライダーが左に配置されるほどコックの使い方が弱く、右に配置されるほど強いことを意味している。「コックを溜める強さ」は、上述したゴルファー7の腕出力パワー P_{1-AVE} に応じて決定部24Eにより決定される。「コックを解放する強さ」は、上述したゴルファー7のクラブ入力パワー P_{2-AVE} に応じて決定部24Eにより決定される。

【0104】

画面W1上の右上には、ゴルファー7のスイングタイプが表示される。ゴルファー7のスイングタイプとは、最適EI値 $J_{S1} \sim J_{S4}$ (又は、最適ランク値 $K_{S1} \sim K_{S4}$)、すなわち、ゴルファー7に適したシャフト40のIFC(以下、理想IFCという)に基づいて、決定部24Eにより決定される。より具体的には、スイングタイプは、理想IFCの4つのコードが、シャフト40の手元から手先にかけて右上がりであるか、右下がりであるか、中央が突出しているか、一定であるか等を表す。ここでは、横軸をシャフト40の長

10

20

30

40

50

さ方向の位置とし、縦軸をシャフト40の硬さをとしたグラフ領域内において、理想IFCをグラフ状に表す画像C2が表示される。ただし、スイングタイプは、ゴルフアー7のタイプを知るための指標であるため、シャフトの位置とIFCのコードとが厳密に描画されるのではなく、模式化されたグラフが表示される。

【0105】

また、画面W1には、「平均ヘッドスピード」として、上述したヘッドスピード V_h (平均値)が表示され、「推奨シャフト硬度」として、最適フレックスが表示され、「推奨重量帯」として、最適シャフト重量帯が表示される。ヘッドスピード V_h (平均値)は、数値で表示される。一方、「推奨シャフト硬度」及び「推奨重量帯」の欄には、それぞれ、シャフトDB29内に登録されているシャフト40のフレックス及びシャフト重量の範囲がスケールの形態で表示されており、当該スケールにおいてゴルフアー7に対応する部分が強調表示される。これにより、ユーザは、スケールを参照して、ゴルフアー7に対応する最適フレックス及び最適シャフト重量帯を直感的に理解することができる。

10

【0106】

図20に示す画面W2は、「理想のIFC」というタブに対応する画面であり、主として理想IFC及び推奨シャフトを表示する。画面W2には、理想IFCのコードが数値で表示され、「推奨シャフトタイプ」として、上述したスイングタイプが文字で表示される。また、画面W2には、「推奨シャフト1」及び「推奨シャフト2」として、上述した上位2本の第2推奨シャフトを特定する情報を表示する欄C3、C3が表示される。また、「推奨シャフトW」として、上述した1本の第1推奨シャフトを特定する情報

20

【0107】

また、画面W2には、以上の理想IFCに加え、上述した1本の第1推奨シャフト及び2本の第2推奨シャフトのIFCをグラフ状に表示するためのグラフ領域C5が表示される。これらのグラフは、IFCのコードに対応する位置に配置され、当該コードが数値で記述されたプロット点と、これらのプロット点を連結する直線部分とから構成される。グラフ領域C5内では、理想IFCのグラフは、3本の推奨シャフトに対応するIFCのグラフとは異なる態様で、好ましくは、ユーザの注意をより引きつけるような態様(図20では、グラフの線が太く、プロット点大きい)で表示される。また、どのグラフがどの欄C3、C3、C4により特定されるシャフトに対応するかが一目で分かるように、欄C3、C3、C4の装飾と、これらに対応するグラフの装飾とに統一感を持たせることが好ましい。例えば、欄C3、C3、C4内の文字の色と、グラフの色とを一致させることができる。

30

【0108】

欄C3、C3、C4は、排他的に選択可能に構成されている。そして、領域C6には、現在選択されている欄に対応する推奨シャフトのデザイン画像が表示される。これにより、現在選択されている推奨シャフトが、どのシャフトであるのかを直感的に理解することができる。また、グラフ領域C5内では、現在選択されている推奨シャフトのIFCのグラフは、その他の推奨シャフトのIFCのグラフと異なる態様で、好ましくは、ユーザの注意をより引きつけるような態様(例えば、前者の方が色が濃く、後者の方が色が薄い)で表示される。

40

【0109】

ところで、図20の例では、画面W2の左側に、「コックの動きの速さ度合い」、「手の甲の動き」及び「手のローテーション」が、図19と同じ形式で表示されている。そして、画面W1、W2上の「コックの動きの速さ度合い」を示す欄には、アイコンC7が表示されており、これが選択されると、図21に示す画面W5がポップアップにより表示される。この画面W5上には、コックの動きの速さ度合いの意味するところを説明する画像が表示される。より具体的には、この画面W5上では、コックの動きとは手のどのような

50

方向の動きであるのかが、手の絵、シャフトの絵、及び動きの方向を表す矢印等を用いて図形的に説明される。

【0110】

次に、図22に示す画面W3は、は、「推奨シャフト重量」というタブに対応する画面であり、文字どおり、主としてゴルファー7に推奨されるべきシャフト40の重量帯を表示する。より具体的には、画面W3には、画面W1と同様に、ゴルファー7の最適シャフト重量帯を表示する「推奨重量帯」の欄C8が表示される。表示形態も画面W1と同様であり、欄C8には、シャフトDB29内に登録されているシャフト重量の範囲がスケールの形態で表示されており、当該スケールにおいて最適シャフト重量帯の部分が強調表示されている。これにより、ユーザは、スケールを参照して、最適シャフト重量帯を直感的に理解することができる。

10

【0111】

また、画面W3には、最適シャフト重量帯についてのユーザの納得性を高めるべく、その算出の根拠を説明するための様々な欄C9~C10が表示される。欄C10には、最適シャフト重量帯を決定するための指標であるゴルファー7の腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} が表示される。より具体的には、これらの指標 P_{1-AVE} 、 P_{2-AVE} が、それぞれ「コックを溜める強さ」及び「コックを解放する強さ」として、画面W1と同様にスライダー形式で表示される。これにより、ユーザは、最適シャフト重量帯を決定する根拠となる、ゴルファー7固有のコックを溜める強さ及びコックを解放する強さの大小を、直感的に正しく理解することができる。

20

【0112】

欄C9には、図14に示したような、腕出力パワー P_{1-AVE} を横軸とし、クラブ入力パワー P_{2-AVE} を縦軸とする $P_{1-AVE} - P_{2-AVE}$ 平面であるプロット領域が表示され、このプロット領域内には、ゴルファー7の腕出力パワー P_{1-AVE} 及びクラブ入力パワー P_{2-AVE} に対応する点がプロットされ、表示される。欄C9では、プロット領域の横軸及び縦軸が、それぞれ「コックを溜める強さ」「コックを解放する強さ」を表すことをが、軸に添えられた文字により明確に示されている。また、このプロット領域は、ゴルファー7に推奨すべきシャフト重量帯にそれぞれ対応する、上述した領域A1~A5に分割されている。これらの領域は、プロット領域内において、互いに異なるシャフト重量帯に対応する領域であることが分かるように異なる態様で表示される。例えば、領域間に境界線が引かれたり、異なる領域に異なる色や模様が付される。また、各領域には、対応するシャフト重量帯に属するシャフト40の仕様を表す記号が表示される。図22の例では、「8X・S」「7X・S」等の記号が表示されているが、これらの8や7等の数値は、シャフト重量帯を意味しており、X、S等のアルファベットは、フレックスを示している。

30

【0113】

ところで、コックを溜める強さ及びコックを解放する強さという概念は、全てのユーザが知っているものではない。そのため、欄C11には、「スイング中に発生する力、腕とクラブの関係」を示す画像が表示される。本実施形態では、コックを溜める強さ及びコックを解放する強さを説明するための動画が表示される。この動画は、ゴルファー7の腕を模式的に示す図形(以下、腕図形)と、ゴルファー7により把持されたゴルフクラブ4を模式的に示す図形(以下、クラブ図形)とが、スイング動作に伴って二重振り子のように移動する様子を示す動画である。

40

【0114】

今、スイング動作中のタイミングを、時系列に沿って序数詞 $i = 1, 2, \dots, N$ (N は、2以上の整数)で表すこととする。このとき、欄C11内で表示される動画は、時系列に沿ってコマ送りの形式で再生される N 枚の画像 $I(i)$ を含む。画像 $I(i)$ 上には、第 i 番目のタイミングにおいて腕が存在する位置に腕図形 $G_3(i)$ が表示され、第 i 番目のタイミングにおいてゴルフクラブ4が存在する位置にクラブ図形 $G_4(i)$ が表示される。図23A~図23Fは、画像 $I(i)$ の例を示しており、図23A~図23Fの画像は、この順に時系列に沿っている。

50

【 0 1 1 5 】

また、画像 $I(i)$ 上には、腕図形 $G_3(i)$ 及びクラブ図形 $G_4(i)$ に加えて、第 i 番目のタイミングにおけるコックを溜める強さを表す第 1 図形 $G_1(i)$ と、同じく第 i 番目のタイミングにおけるコックを解放する強さを表す第 2 図形 $G_2(i)$ とが表示される。同じタイミングに対応するこれらの図形 $G_1(i) \sim G_4(i)$ は、1 枚の画像 $I(i)$ 上において同時に表示される。第 i 番目のタイミングにおけるコックを溜める強さとは、第 i 番目のタイミングでの腕出力パワー P_1 であり、第 i 番目のタイミングにおけるコックを解放する強さとは、第 i 番目のタイミングでのクラブ入力パワー P_2 である。画像 $I(i)$ 上の第 1 図形 $G_1(i)$ は、第 i 番目のタイミングでの腕出力パワー P_1 の大きさに応じた形態をとり、第 2 図形 $G_2(i)$ は、第 i 番目のタイミングでのクラブ入力パワー P_2 の大きさに応じた形態をとる。より具体的には、本実施形態では、腕出力パワー P_1 が大きいタイミングである程、第 1 図形 $G_1(i)$ が大きく表示され、クラブ入力パワー P_2 が大きいタイミングである程、第 2 図形 $G_2(i)$ が大きく表示される。なお、腕出力パワー P_1 及びクラブ入力パワー P_2 の大きさは、第 1 図形 $G_1(i)$ 及び第 2 図形 $G_2(i)$ の色等を変化させることにより表現されてもよい。また、第 1 図形 $G_1(i)$ 及び第 2 図形 $G_2(i)$ の形態を決定する腕出力パワー P_1 及びクラブ入力パワー P_2 は、計測データに基づくゴルファー 7 固有の値である必要はなく、一般的なスイング動作時の腕出力パワー P_1 及びクラブ入力パワー P_2 とすることができる。この場合、欄 C 1 1 内では、ゴルファー 7 に関わらず同じ動画が再生される。

10

【 0 1 1 6 】

ところで、観念上、コックを溜める力は、腕に関連付けられ、コックを解放する力は、ゴルフクラブ 4 に関連付けられる。従って、本実施形態では、第 1 図形 $G_1(i)$ は、腕図形 $G_3(i)$ に重ねて配置され、第 2 図形 $G_2(i)$ は、クラブ図形 $G_4(i)$ に重ねて配置される。ただし、第 1 図形 $G_1(i)$ 及び第 2 図形 $G_2(i)$ の配置はこれに限られず、別の好ましい例としては、第 1 図形 $G_1(i)$ を腕図形 $G_3(i)$ の近傍に配置し、第 2 図形 $G_2(i)$ をクラブ図形 $G_4(i)$ の近傍に配置することもできる。また、第 1 図形 $G_1(i)$ と腕図形 $G_3(i)$ とを概ね一体の図形として表現することもできる。この場合、例えば、腕を模した図形の形態を、腕出力パワー P_1 の大きさに応じて変化させるように構成することができる。第 2 図形 $G_2(i)$ 及びクラブ図形 $G_4(i)$ についても同様であり、この場合、例えば、ゴルフクラブ 4 を模した図形の形態を、クラブ入力パワー P_2 の大きさに応じて変化させるように構成することができる。また、第 1 図形 $G_1(i)$ を腕図形の肩に対応する部分又はその近傍に配置し、かつ、第 2 図形 $G_2(i)$ を腕図形の手首に対応する部分又はその近傍に配置することもできる。以上のような動画を見たユーザは、ゴルフスイング中のコックを溜める動き及びコックを解放する動きの意味するところを直感的に理解することができる。

20

30

【 0 1 1 7 】

図 2 4 に示す画面 W 4 は、「ヘッド軌道」というタブに対応する画面であり、主としてヘッド 4 1 の挙動を表示する。画面 W 4 には、ヘッド挙動決定工程で決定されたインパクト直前のヘッド速度 V_{hi} 、ヘッド軌道の角度、インパクト時のフェース角及び打点が定量的に数値で表示される。また、欄 C 1 2 には、インパクト付近の 2 つのタイミングにおけるヘッドを表す図形であるヘッド図形 G_5 、 G_6 が並べて同時に表示される。ヘッド図形 G_5 は、インパクト時のヘッドを表しており、ヘッド図形 G_6 は、その直前のヘッドを表している。また、欄 C 1 2 内のヘッド図形 G_5 は、上述したヘッド軌道の角度に応じて傾けて表示される。これにより、ユーザは、アウトサイドインかインサイドアウトかといったゴルファー 7 のヘッド軌道を直感的に正確に理解することができる。なお、ヘッド図形 G_5 の傾きは、インパクト時のフェース角度に応じて設定することもできる。

40

【 0 1 1 8 】

< 3 . 変形例 >

以上、本発明の幾つかの実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて、種々の変更が可能である。例え

50

ば、以下の変更が可能である。また、以下の変形例の要旨は、適宜組み合わせることができる。

【 0 1 1 9 】

< 3 - 1 >

上記実施形態では、コックを溜める強さである腕出力パワー P_1 、 P_{1-AVE} 、及び、コックを解放する強さであるクラブ入力パワー P_2 、 P_{2-AVE} が、慣性センサユニットによる計測データに基づいて計算されたが、これらの指標の少なくとも一方を、カメラユニットによる計測データに基づいて算出することもできる。

【 0 1 2 0 】

< 3 - 2 >

上記実施形態では、シャフトの剛性として、曲げ剛性が評価されたが、これに代えて、ねじれ剛性を評価してもよい。ねじれ剛性の値（以下、G J 値）も、シャフト 40 の延びる方向に沿った複数の位置において測定又は算出することができる。すなわち、シャフト 40 の延びる方向に沿った複数の位置におけるねじれ剛性の分布を、シャフトの剛性としてもよい。この場合、最適剛性指標としては、ゴルファー 7 に適した G J 値（最適 G J 値）が決定されることになるが、最適 G J 値を決定するための第 2 スイング指標としては、最適 G J 値との相関が認められる任意の指標を用いることができる。このような第 2 スイング指標としては、例えば、特開 2014 - 212862 号公報に記載されているような、以下の指標を用いることができる。

【 0 1 2 1 】

(1) グリップ角速度 $\dot{\theta}_y$ が最大となるときからインパクトまでの単位時間あたりのグリップ角速度 $\dot{\theta}_x$ の変化量の大きさ

(2) トップ付近でのグリップ角速度 $\dot{\theta}_z$ の変化量

(3) トップからダウンスイング途中であってグリップ角速度 $\dot{\theta}_y$ が最大となるときまでのグリップ角速度 $\dot{\theta}_z$ の変化量の大きさ

【 0 1 2 2 】

本変形例でも、第 2 スイング指標と最適 G J 値との関係を表す近似式を予め実験により算出し、記憶部 23 内に格納しておくことで、計測工程で得られる計測データに基づく第 2 スイング指標から、最適 G J 値を決定することができる。

【 0 1 2 3 】

また、最適剛性指標として、ゴルファー 7 に適した I F C やフレックスに代えて又は加えて、ゴルファー 7 に適した調子やトルクを決定するようにしてもよい。なお、トルクは、シャフト 40 全体でのねじれ剛性を表す指標である。

【 0 1 2 4 】

< 3 - 3 >

上記実施形態では、 $i = 1, 2, \dots, N$ についての画像 $I(i)$ が、動画の形式で表示されたが、これら N 枚の画像 $I(i)$ を静止画の態様で表示することもできる。すなわち、図 23A ~ 図 23F のような画像を、同じ画面上に同時に表示することができる。このとき、時系列に沿って、画像 $I(i)$ を配列することが好ましい。また、図 22 に示すような 1 枚の画像のみを表示することもできる。図 22 に示す画像では、様々なタイミングでの図形 $G_1(i) \sim G_4(i)$ がストロボ画像のように 1 枚の画像上に同時に表示されている。従って、このような 1 枚の画像のみであっても、スイング動作中のコックを溜める強さ及びコックを解放する強さを直感的に理解することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 5 】

- 1 慣性センサユニット
- 2 フィッティング装置 (G U I 表示装置)
- 3 プログラム (G U I 表示プログラム)
- 4 ゴルフクラブ
- 5 カメラシステム

10

20

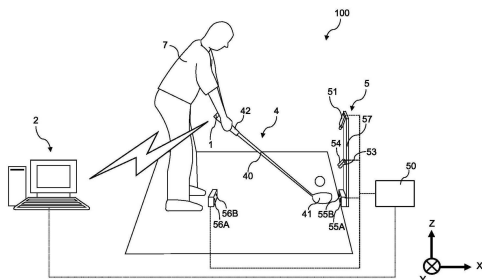
30

40

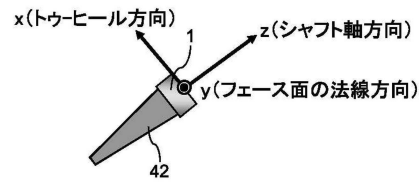
50

- 7 ゴルファー
- 2 4 A 取得部
- 2 4 B グリップ挙動導出部
- 2 4 C 肩挙動導出部
- 2 4 D 算出部
- 2 4 E 決定部
- 2 4 F 選択部
- 2 4 G 表示制御部
- 4 0 シャフト
- 4 1 ヘッド
- 4 2 グリップ
- W 1 ~ W 5 GUI画面
- G₁(i) 第1図形
- G₂(i) 第2図形
- G₃(i) 腕図形
- G₄(i) クラブ図形
- G₅ ヘッド図形(第1ヘッド図形)
- G₆ ヘッド図形(第2ヘッド図形)

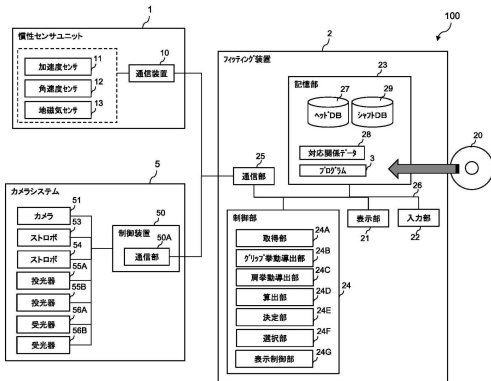
【図1】



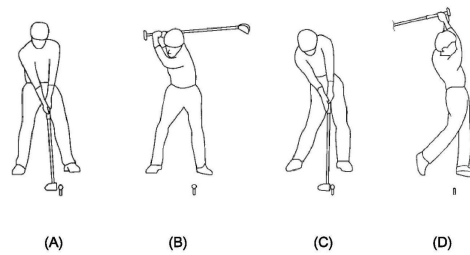
【図3】



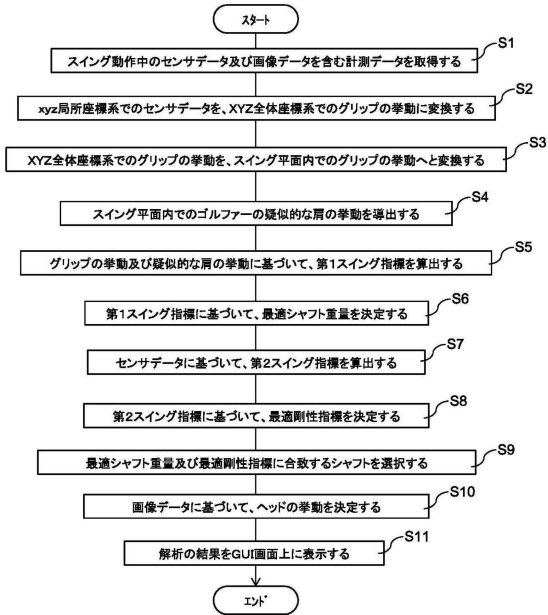
【図2】



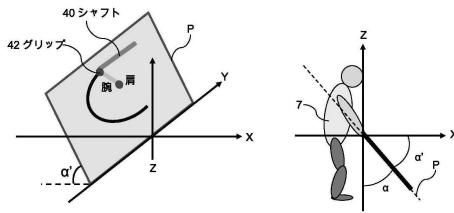
【図4】



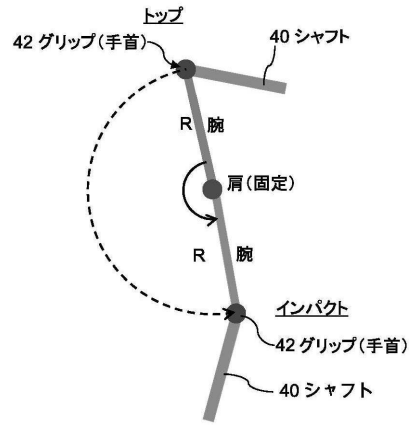
【図5】



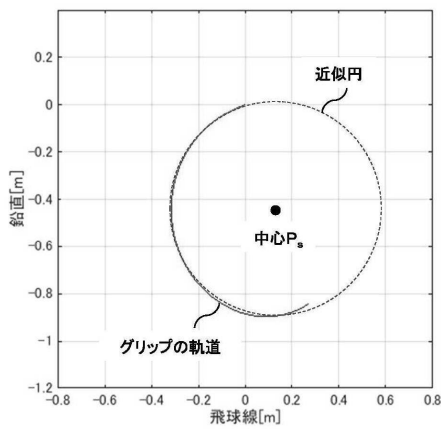
【図6】



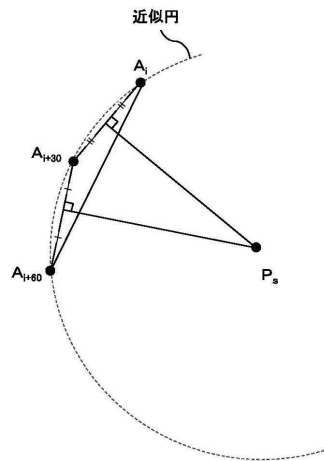
【図7】



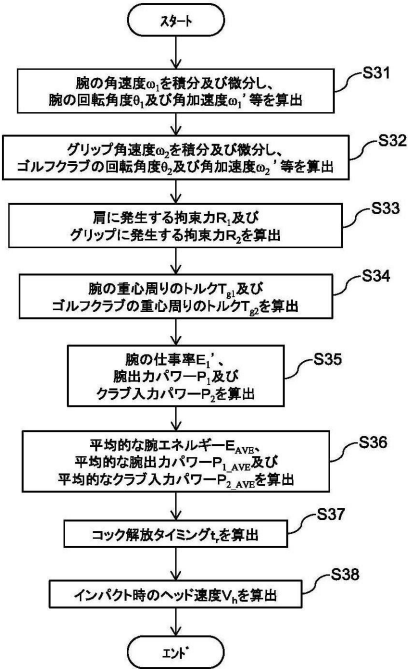
【図8】



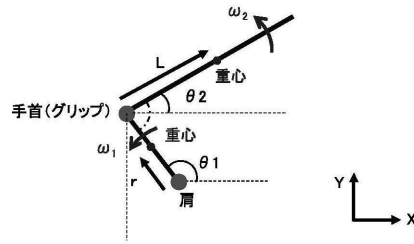
【図9】



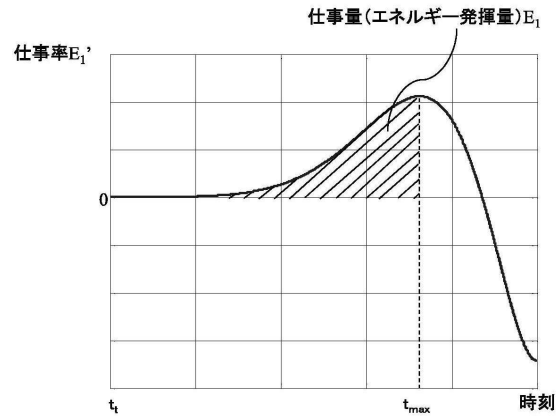
【図10】



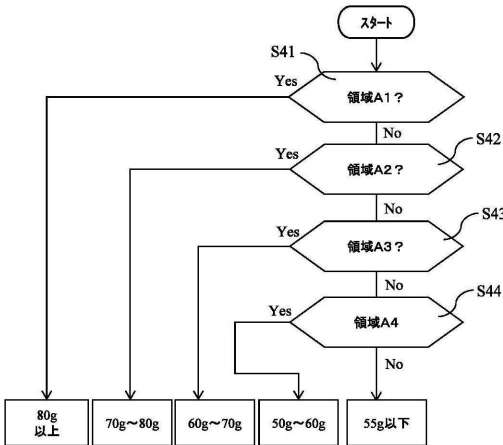
【図11】



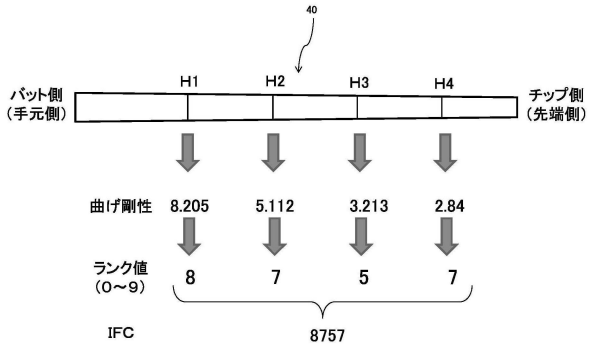
【図12】



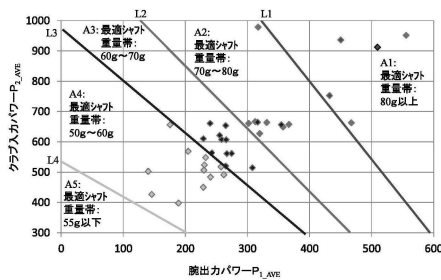
【図13】



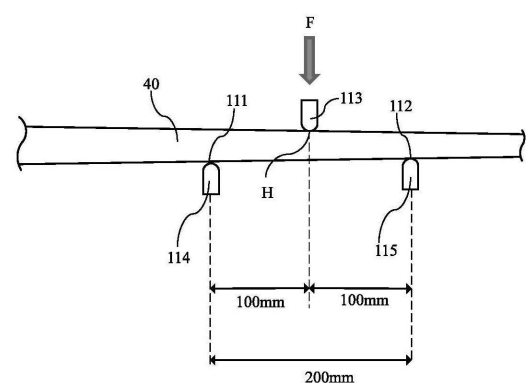
【図15】



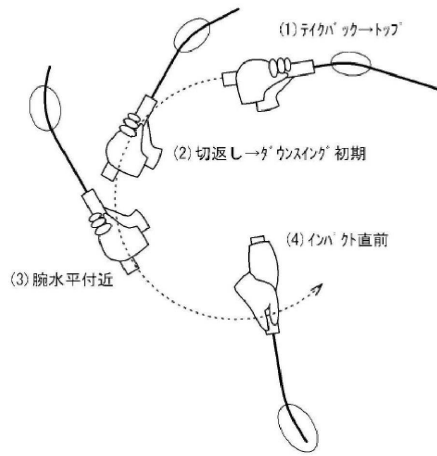
【図14】



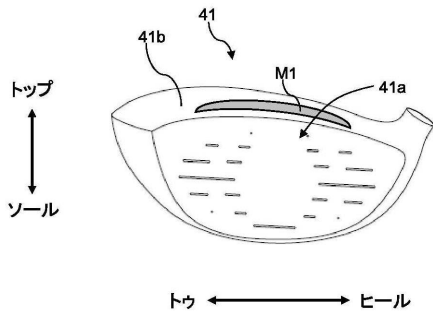
【図16】



【図17】



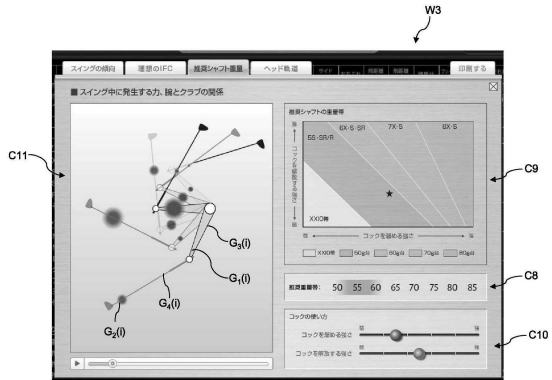
【図18】



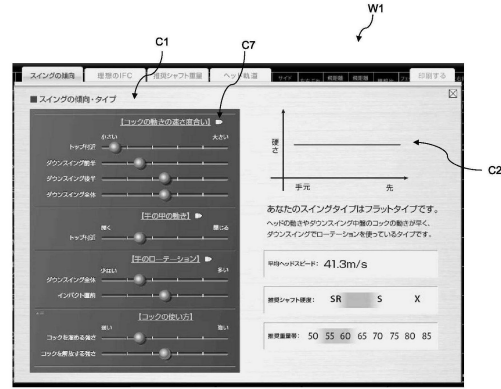
【図21】



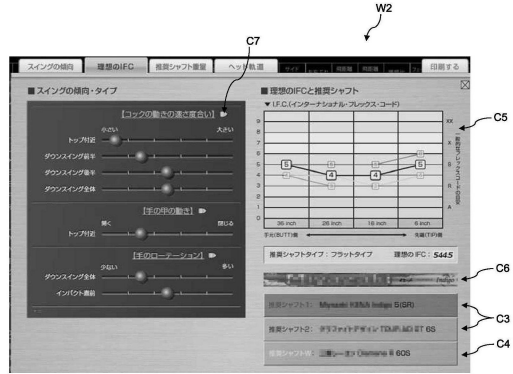
【図22】



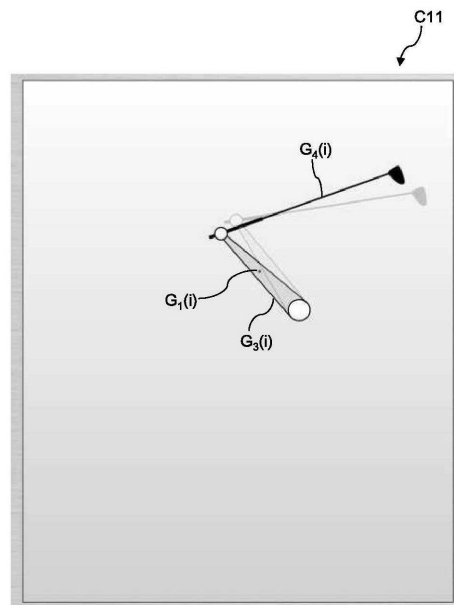
【図19】



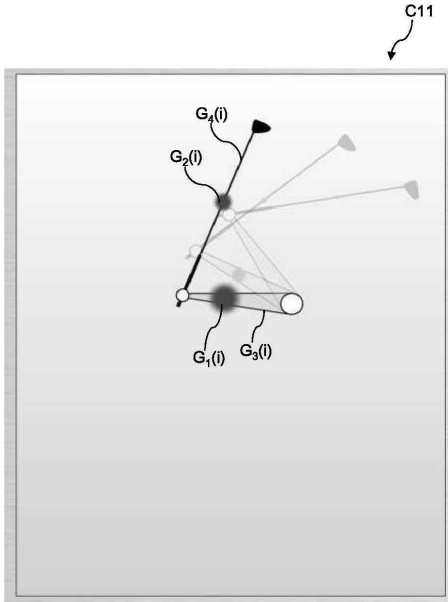
【図20】



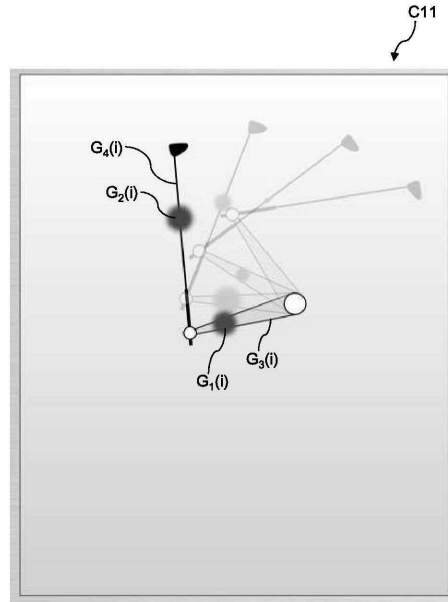
【図23A】



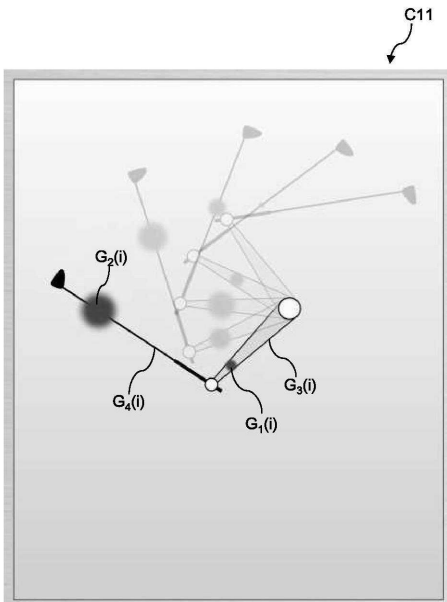
【 図 2 3 B 】



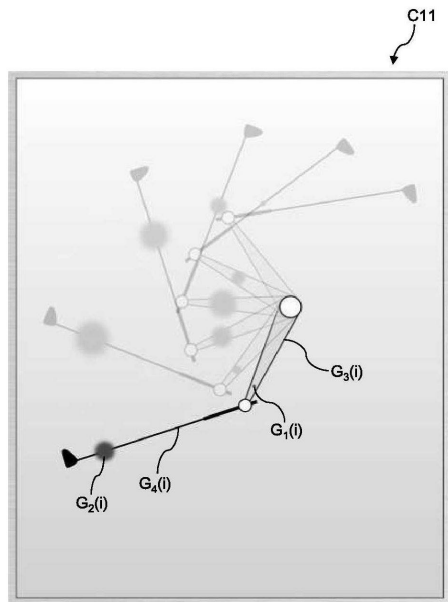
【 図 2 3 C 】



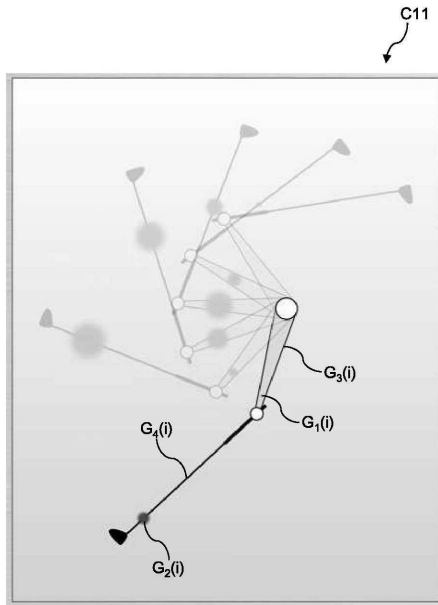
【 図 2 3 D 】



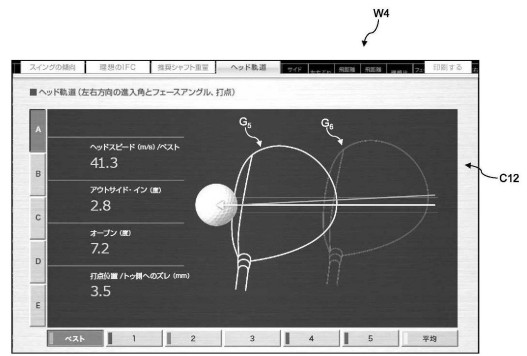
【 図 2 3 E 】



【図 23 F】



【図 24】



フロントページの続き

- (72)発明者 中村 佑斗
兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号 住友ゴム工業株式会社内
- (72)発明者 花光 悟
兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号 住友ゴム工業株式会社内

合議体

- 審判長 吉村 尚
審判官 藤本 義仁
審判官 畑井 順一

- (56)参考文献 特開2002-210055(JP,A)
特開2006-289073(JP,A)
特開2016-2429(JP,A)
特開2016-34468(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A63B 69/00 - 69/40,71/00 - 71/16