

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-55636
(P2012-55636A)

(43) 公開日 平成24年3月22日 (2012.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 3 B 53/04 (2006.01)	A 6 3 B 53/04 B	2 C 0 0 2
G 0 6 F 17/50 (2006.01)	G 0 6 F 17/50 6 1 2 H	5 B 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-204658 (P2010-204658)	(71) 出願人	000006714 横浜ゴム株式会社 東京都港区新橋5丁目36番11号
(22) 出願日	平成22年9月13日 (2010.9.13)	(71) 出願人	501241645 学校法人 工学院大学 東京都新宿区西新宿1丁目24番2号
		(74) 代理人	100080159 弁理士 渡辺 望稔
		(74) 代理人	100090217 弁理士 三和 晴子
		(74) 代理人	100152984 弁理士 伊東 秀明
		(74) 代理人	100148080 弁理士 三橋 史生

最終頁に続く

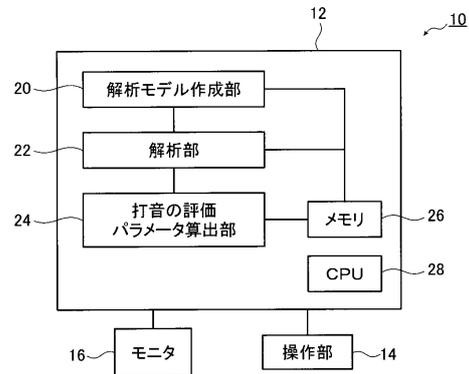
(54) 【発明の名称】 ゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法

(57) 【要約】

【課題】 シミュレーションにより、ゴルフクラブヘッドの構造を変更した場合の打音の変化を予測し、打音が良好なゴルフクラブヘッドを効率良く設計することができるゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法を提供する。

【解決手段】 ゴルフクラブの設計システムは、ゴルフクラブヘッドの数値解析可能なゴルフクラブヘッド解析モデルを作成し、ゴルフクラブヘッドから所定の距離離れた応答点に相当する位置に数値解析可能な数値解析モデルを作成する解析モデル作成部と、ゴルフクラブヘッド解析モデルのフェース面に加振力を仮想的に加えて数値解析モデルの周波数応答関数を求め、周波数応答関数とゴルフボール打撃時にゴルフクラブヘッドに加わる加振力とを用いて数値解析モデルにおけるゴルフボール打撃時の音圧の時間波形データを求める解析部と、この音圧の時間波形データを用いてゴルフボール打撃時の打音を評価する評価部とを有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ゴルフクラブヘッドについて数値解析可能なゴルフクラブヘッド解析モデルを作成するとともに、前記ゴルフクラブヘッドから所定の距離離れた応答点に相当する位置に数値解析可能な数値解析モデルを作成する解析モデル作成部と、

前記ゴルフクラブヘッド解析モデルのフェース面に所定の加振力を仮想的に加えて前記応答点の数値解析モデルの周波数応答関数を求めるとともに、前記周波数応答関数とゴルフボール打撃時に前記ゴルフクラブヘッドに加わる加振力とを用いて、前記応答点の数値解析モデルにおける前記ゴルフボール打撃時の音圧の時間波形データを求める解析部と、

前記音圧の時間波形データを用いて、前記ゴルフボール打撃時の打音を評価する評価部とを有することを特徴とするゴルフクラブの設計システム。 10

【請求項 2】

前記応答点は、前記ゴルフボールを打撃するゴルファの耳の高さに相当する位置である請求項 1 に記載のゴルフクラブの設計システム。

【請求項 3】

前記評価部は、前記ゴルフボール打撃時の打音の大きさを表す音圧パラメータと、前記打音の減衰の度合を表す残響パラメータと、前記打音の周波数特性を表す高低パラメータとを評価パラメータとして算出する請求項 1 または 2 に記載のゴルフクラブの設計システム。

【請求項 4】

ゴルフクラブヘッドについて数値解析可能なゴルフクラブヘッド解析モデルを作成し、前記ゴルフクラブヘッドから所定の距離離れた応答点に相当する位置に数値解析可能な数値解析モデルを作成する工程と、

前記ゴルフクラブヘッド解析モデルのフェース面に所定の加振力を仮想的に加えて前記応答点の数値解析モデルの周波数応答関数を求める工程と、

前記周波数応答関数とゴルフボール打撃時に前記ゴルフクラブヘッドに加わる加振力とを用いて、前記応答点の数値解析モデルにおける前記ゴルフボール打撃時の音圧の時間波形データを求める工程と、

前記音圧の時間波形データを用いて、前記ゴルフボール打撃時の打音を評価する工程とを有することを特徴とするゴルフクラブの設計方法。 20 30

【請求項 5】

前記応答点は、前記ゴルフボールを打撃するゴルファの耳の高さに相当する位置である請求項 4 に記載のゴルフクラブの設計方法。

【請求項 6】

前記打音を評価する工程は、前記ゴルフボール打撃時の打音の大きさを表す音圧パラメータと、前記打音の減衰の度合を表す残響パラメータと、前記打音の周波数特性を表す高低パラメータとを評価パラメータとして算出する請求項 4 または 5 に記載のゴルフクラブの設計方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、シミュレーションにより得られたゴルフクラブヘッドの打音を用いるゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法に関し、特に、シミュレーションにより、ゴルフクラブヘッドの構造を変更した場合の打音の変化を予測するゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法に関する。 40

【背景技術】**【0002】**

近年、ゴルフボールをより遠くに飛ばすことのできるゴルフクラブヘッド、スイートスポットが大きく安定したゴルフクラブヘッドが種々提供されている。このようなゴルフクラブヘッドは、例えば、フェース部、ソール部、クラウン部等の構造を変えている。この 50

ことから、フェース面、すなわち、打撃面への打撃の際に発生する打音がそれぞれ大きく異なる。このため、実際にはゴルフボールを遠くに飛ばすことができるにもかかわらず、打音自体が鈍い音を発して、飛距離の出ないゴルフクラブとしての印象をゴルフファに与えたり、不快なイメージを与える場合も多い。このような背景から、ゴルフクラブによるゴルフボールの打撃時の打音を調整することが望まれている。

ゴルフボールの打撃時の打音を調整するためには、ゴルフクラブの打音のもつ特徴がどのようになるか調整すればよいかの指針が必要である。

【0003】

ところで、望まれた打音を発するゴルフクラブヘッドを製造するためには、ゴルフクラブヘッドを実際に設計し、試作した後に、試打を行い、打音を確かめる必要がある。望まれた打音が得られるまで、設計、試作のサイクルを繰り返し行う。しかしながら、このようなゴルフクラブヘッドの設計方法は、効率が悪く、開発期間および開発コストが増大する傾向がある。そこで、打音に優れたゴルフクラブヘッドを効率良く製造するためのゴルフクラブの設計方法が提案されている（例えば、特許文献1）。

【0004】

特許文献1においては、先ずゴルフクラブヘッドの一次設計が行われる（ステップS1）。そして、一次設計されたゴルフクラブヘッドをコンピュータで、解析アプリケーションソフトを用いてモード解析を行う（ステップS2）。これにより、ゴルフクラブヘッドを実際に試作する前に、ゴルフクラブヘッドについて振動特性を把握することができる（[0021]）。

次に、一次設計されたヘッドを実際に試作し、その打球音を採取、評価する（ステップS3～S5）。

ゴルフクラブヘッドの打球音の測定は、試作されたゴルフクラブヘッドにシャフトを装着してゴルフクラブを試作し、このゴルフクラブを用いて、実際のゴルフボールを打撃する打撃テストを行う。そして、打撃時の音をマイクロフォンにて採取する（[0023]）。なお、マイクロフォンは、アドレスしたゴルフファの耳の高さでかつゴルフボールと耳との間の水平距離を、ゴルフボールからテストゴルフファと反対側に隔てた位置に設置される（[0027]）。

打球音の評価（ステップS5）は、例えば、記録した打球音を、アンプを介してヘッドフォン又はスピーカにて再生し、これを評価者の耳で聞いて行う。評価の基準としては、「音の高さ」、「残響長さ」、「音の強さ」、「好み」等である（[0032]）。

【0005】

一次設計されたゴルフクラブヘッドの打球音の評価結果において、好ましくないこと等が判明した場合（ステップS6でN）、この打球音と振動特性とに基づいて、打球音を向上させる改良点を特定する（ステップS7）。改良点を特定するためには、先ず打球音から改善したい音の周波数帯を特定し、この音の発生要因となる部位をモード解析により得られた振動特性から推定する（[0031]）。

そして、ヘッド改良点を特定して、この改良点を適用してゴルフクラブヘッドの二次設計が行われる（ステップS8）。二次設計されたゴルフクラブヘッドを試作する前に、この二次設計のゴルフクラブヘッドについて、コンピュータ上でモード解析を行い振動特性を取得する処理が行われる（ステップS9）。

改善前後の振動特性を比較して打球音の向上効果を確認する（ステップS10）。二次設計のゴルフクラブヘッドにおいて改善効果が認められた場合（ステップS11でY）、ステップS3に戻り、二次設計のゴルフクラブヘッドの試作、打球音の採取、評価（ステップS3～5）を行う。

【0006】

そして、二次設計のゴルフクラブヘッドの打球音が満足のゆくものであれば（ステップS6でY）、二次設計のゴルフクラブヘッドの設計案で打球音が良好なゴルフクラブヘッドを製造することができる。なお、この二次設計のゴルフクラブヘッドでも満足のゆく打球音が得られなかった場合には、再び、上述のステップS7以降を繰り返し、三次設計な

10

20

30

40

50

どが行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2005-6763号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1においては、モード解析を行い、ゴルフクラブヘッドについて振動特性を把握し、改善前後の振動特性を比較して打球音の向上効果を確認している。特許文献1においては、打球音が良好なゴルフクラブヘッドを得るためには、ゴルフクラブヘッドを試作する必要があり、更には、打球音を得るために、試打する必要もある。このように、特許文献1においても、効率の改善の程度が低く、開発期間および開発コストを短縮することができないという問題点がある。

10

【0009】

本発明の目的は、前記従来技術に基づく問題点を解消し、シミュレーションにより、ゴルフクラブヘッドの構造を変更した場合の打音の変化を予測し、打音が良好なゴルフクラブヘッドを効率良く設計することができるゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

上記目的を達成するために、本発明は、ゴルフクラブヘッドについて数値解析可能なゴルフクラブヘッド解析モデルを作成するとともに、前記ゴルフクラブヘッドから所定の距離離れた応答点に相当する位置に数値解析可能な数値解析モデルを作成する解析モデル作成部と、前記ゴルフクラブヘッド解析モデルのフェース面に所定の加振力を仮想的に加えて前記応答点の数値解析モデルの周波数応答関数を求めるとともに、前記周波数応答関数とゴルフボール打撃時に前記ゴルフクラブヘッドに加わる加振力とを用いて、前記応答点の数値解析モデルにおける前記ゴルフボール打撃時の音圧の時間波形データを求める解析部と、前記音圧の時間波形データを用いて、前記ゴルフボール打撃時の打音を評価する評価部とを有することを特徴とするゴルフクラブの設計システムを提供するものである。

30

【0011】

この場合、前記応答点は、前記ゴルフボールを打撃するゴルフアの耳の高さに相当する位置であることが好ましい。

また、前記評価部は、前記ゴルフボール打撃時の打音の大きさを表す音圧パラメータと、前記打音の減衰の度合を表す残響パラメータと、前記打音の周波数特性を表す高低パラメータとを評価パラメータとして算出することが好ましい。

前記解析部は、例えば、前記周波数応答関数を、音場解析を用いて算出する。

【0012】

また、本発明は、ゴルフクラブヘッドについて数値解析可能なゴルフクラブヘッド解析モデルを作成し、前記ゴルフクラブヘッドから所定の距離離れた応答点に相当する位置に数値解析可能な数値解析モデルを作成する工程と、前記ゴルフクラブヘッド解析モデルのフェース面に所定の加振力を仮想的に加えて前記応答点の数値解析モデルの周波数応答関数を求める工程と、前記周波数応答関数とゴルフボール打撃時に前記ゴルフクラブヘッドに加わる加振力とを用いて、前記応答点の数値解析モデルにおける前記ゴルフボール打撃時の音圧の時間波形データを求める工程と、前記音圧の時間波形データを用いて、前記ゴルフボール打撃時の打音を評価する工程とを有することを特徴とするゴルフクラブの設計方法を提供するものである。

40

【0013】

この場合、前記応答点は、前記ゴルフボールを打撃するゴルフアの耳の高さに相当する位置であることが好ましい。

50

また、前記打音を評価する工程は、前記ゴルフボール打撃時の打音の大きさを表す音圧パラメータと、前記打音の減衰の度合を表す残響パラメータと、前記打音の周波数特性を表す高低パラメータとを評価パラメータとして算出することが好ましい。

前記周波数応答関数は、例えば、音場解析を用いて算出される。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、シミュレーションにより、ゴルフクラブヘッドの構造を変更した場合の打音の変化を予測し、打音が良好なゴルフクラブヘッドを効率良く設計することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0015】

【図1】本発明の実施形態のゴルフクラブの設計システムを示す模式図である。

【図2】本発明の実施形態のゴルフクラブの設計方法を示すフローチャートである。

【図3】(a)は、本発明の実施形態のゴルフクラブの設計システムに用いられる第1のゴルフクラブヘッドモデルを示す模式的斜視図であり、(b)は、第1のゴルフクラブヘッドモデルの大きさを示す模式的斜視図であり、(c)は、第1のゴルフクラブヘッドモデルの大きさを示す切断面図であり、(d)は、本発明の実施形態のゴルフクラブの設計システムに用いられる第2のゴルフクラブヘッドモデルを示す模式的斜視図である。

【図4】本発明の実施形態のゴルフクラブの設計方法に用いられる解析モデルを示す模式的斜視図である。

20

【図5】(a)~(c)は、解析モデルから求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルの伝達関数と、図10(a)に示す測定装置で求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルの伝達関数を示すグラフである。

【図6】(a)、(b)は、解析モデルから求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルの打音を示すグラフであり、(c)、(d)は、図10(b)に示す測定装置で求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルの打音を示すグラフである。

【図7】(a)は、図10(b)に示す測定装置で求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルおよび第2のゴルフクラブヘッドモデルの音圧パラメータ、ならびに解析モデルから求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルおよび第2のゴルフクラブヘッドモデルの音圧パラメータを示すグラフであり、(b)は、図10(b)に示す測定装置で求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルおよび第2のゴルフクラブヘッドモデルの残響パラメータ、ならびに解析モデルから求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルおよび第2のゴルフクラブヘッドモデルの残響パラメータを示すグラフであり、(c)は、図10(b)に示す測定装置で求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルおよび第2のゴルフクラブヘッドモデルの高低パラメータ、ならびに解析モデルから求められた第1のゴルフクラブヘッドモデルおよび第2のゴルフクラブヘッドモデルの高低パラメータを示すグラフである。

30

【図8】(a)~(c)は、解析モデルから求められた第2のゴルフクラブヘッドモデルの伝達関数と、図10(a)に示す測定装置で求められた第2のゴルフクラブヘッドモデルの伝達関数を示すグラフである。

40

【図9】(a)、(b)は、解析モデルから求められた第2のゴルフクラブヘッドモデルの打音を示すグラフであり、(c)、(d)は、図10(b)に示す測定装置で求められた第2のゴルフクラブヘッドモデルの打音を示すグラフである。

【図10】(a)は、各応答点に相当する位置における伝達関数の測定に用いられる測定装置を示す模式図であり、(b)は、各応答点に相当する位置における打音の測定に用いられる測定装置を示す模式図である。

【図11】加振力の測定に用いられる測定装置を示す模式図である。

【図12】縦軸に出力値をとり、横軸に時間をとって、加えた加振力の時間波形と、逆算して求めた加振力の時間波形とを示すグラフである。

【図13】加振力の測定に用いられる落下試験装置を示す模式図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0016】**

以下に、添付の図面に示す好適実施形態に基づいて、本発明のゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法を詳細に説明する。

図1は、本発明の実施形態のゴルフクラブの設計システムを示す模式図である。図2は、本発明の実施形態のゴルフクラブの設計方法を示すフローチャートである。

【0017】

図1に示す実施形態のゴルフクラブの設計システム10（以下、設計システム10という）は、シミュレーションにより、ゴルフクラブヘッドの構造を変更した場合の打音の変化を予測し、打音が良好なゴルフクラブヘッドを効率良く設計するものである。この設計システム10では、ゴルフクラブヘッドの解析モデルを用いて、例えば、ゴルフの耳の位置を応答点として、周波数応答解析を行う。この周波数応答解析結果と、ゴルフクラブヘッドに加える打撃力を用いて、例えば、ゴルフの耳の位置（応答点）における複素スペクトルを求め、この複素スペクトルを逆FFT（高速フーリエ変換）することにより、応答点の時間波形を求める。さらに、時間波形を用いて、打音の評価パラメータを算出し、打音を評価することにより、ゴルフクラブの設計を行うものである。なお、時間波形を、WAVEファイル等の音声データに変換することにより、ゴルフ、設計者等が聞くことができる、シミュレーションによるゴルフの耳の位置（応答点）での打音を得ることができる。なお、応答点は、1つに限定されるものではなく、複数でもよい。

10

【0018】

設計システム10は、処理装置12と、操作部14と、モニタ16とを有する。操作部14は、一般的にPCに用いられるキーボード、マウス等である。また、モニタ16は、処理装置12で算出された各種の解析結果、解析モデル、応答点の時間波形、打音の評価パラメータ等が表示されるものである。モニタ16には、一般的にパーソナルコンピュータに利用されているものが種々利用可能である。

20

【0019】

処理装置12は、解析モデル作成部20と、解析部22と、打音の評価パラメータ算出部24と、メモリ26と、CPU28とを備える。CPU28により、解析モデル作成部20、解析部22および打音の評価パラメータ算出部24が制御されるとともに、解析モデル作成部20、解析部22および打音の評価パラメータ算出部24とメモリ26との間のデータの移動も制御されて、メモリ26にデータが記憶される。メモリ26には、ゴルフクラブヘッドモデルの3次元CADデータが記憶されている。

30

【0020】

解析モデル作成部20は、3次元CADデータで表されたゴルフクラブヘッドモデルを、後述する数値解析（シミュレーション）による音場解析のために、有限要素解析等の数値解析が可能なメッシュデータに変換し、メッシュモデル（ゴルフクラブヘッド解析モデル）を作成するものである。また、ゴルフクラブヘッド以外にも、ゴルフクラブヘッドから所定の距離離れた位置、例えば、ゴルフの耳の位置に設定される応答点に相当する領域を有限要素解析等の数値解析が可能なメッシュデータに変換し、観測用メッシュのメッシュモデル（数値解析モデル）を作成するものである。このゴルフクラブヘッドモデルのメッシュモデルおよび応答点に相当する領域のメッシュモデルにより、後述する数値解析（シミュレーション）に用いられる解析モデルが構成される。これらのメッシュモデルの作成には、有限要素法等の数値解析（シミュレーション）に用いられる公知の方法を用いることができる。

40

解析モデル作成部20を、例えば、ソフトウェアで代替させて、CPU28でソフトウェア実効させることもできる。この場合、ソフトウェアとしては、例えば、MSC社製のPatranを用いることができる。

【0021】

本実施形態では、ゴルフクラブヘッドモデルとしては、例えば、図3(a)～(c)に示す第1のゴルフクラブヘッドモデル30および図3(d)に示す第2のゴルフクラブヘ

50

ッドモデル 30 a が用いられる。

図 3 (a) に示す第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 は、フェース部とソール部とに着目してゴルフクラブヘッドをモデル化したものである。第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 は、フェース部に相当するフェース部分 32 と、ソール部に相当するソール部分 34 と、ホーゼル部に相当するホーゼル部分 38 とを有する。フェース部分 32 の表面 32 a がフェース面に相当する。

第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 には、フェース部分 32 の両側には、それぞれ裏面 32 b からソール部分 34 に達する略三角形のリップ 36 が設けられている。一方のリップ 36 にホーゼル部分 38 が設けられている。このホーゼル部分 38 には、ゴルフクラブシャフトを取り付けるための取付穴 39 が形成されている。

第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 の大きさは、例えば、図 3 (b)、(c) に示す大きさである。

【 0022 】

また、図 3 (d) に示す第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 30 a は、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 に比して、ソール部分 34 に、フェース部分 32 の横方向に伸びたリップ 35 が 2 つ設けられている点と異なり、それ以外は構成および大きさが第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 と同じである。なお、リップ 35 は、断面が四角形であり、高さが 5 . 5 mm で、幅が 3 . 0 mm である。

第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 および第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 30 a は、いずれも 3 次元 CAD データで表されるものであり、メモリ 26 に記憶されている。第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 および第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 30 a は、3 次元 CAD データで表されるものであるため、工作機械を用いて金属材料を加工して容易に実物を作製することができる。

【 0023 】

解析部 22 は、数値解析 (シミュレーション) による音場解析、および数値解析 (シミュレーション) による打音の作成を行うものである。音場解析には、仮想的に、ゴルフクラブヘッドモデルのフェース面の中心に、所定の加振力を、例えば、正弦波状に加えて加振したときの周波数応答解析を行うとともに、ゴルフクラブヘッドから離れた位置、例えば、ゴルフの耳の位置に相当する位置に設けた観測用メッシュでの応答を数値解析によって求めるものである。すなわち、観測用メッシュでの周波数応答関数を求める。この音場解析では、ゴルフクラブヘッドの周囲の流体は、例えば、空気とする。ゴルフクラブヘッドの材質としては、例えば、6 - 4 チタン (Ti - 6 Al - 4 V) の材料特性の情報を用いる。また、解析する周波数域を 2 kHz ~ 10 kHz として、例えば、3 Hz 毎、50 Hz 毎に解析を行う。

なお、ゴルフクラブシャフトは、打音に対する影響が小さいことが知られているため、解析モデルにおいては、ゴルフクラブシャフトの固定条件は特に定めなくてもよい。また、応答点は、1 つでも、複数でもよい。

【 0024 】

解析部 22 は、算出した応答点の伝達関数 (周波数応答関数) を、例えば、メモリ 26 に記憶させる。

解析部 22 においては、仮想的に、ゴルフクラブヘッドモデルのフェース面の中心に加振力のスペクトルを加えた際の、応答点の複素スペクトルを計算する。解析部 22 において、この応答点の複素スペクトルに対して逆 FFT をすることにより、数値解析 (シミュレーション) による応答点での音圧レベルの時間波形データ、すなわち、音圧波形データを得る。この得られた音圧レベルの時間波形を、例えば、メモリ 26 に記憶させる。

【 0025 】

ここで、周波数応答関数 (伝達関数) は、入力のフーリエスペクトルと出力のフーリエスペクトルとの比で表されるものである。入力のフーリエスペクトルは、フェース面の加振力信号のフーリエスペクトル (複素スペクトル (スペクトルの虚部と実部)) のことである。出力のフーリエスペクトルは、応答点、すなわち、観測メッシュにおける音圧信号

10

20

30

40

50

のフーリエスペクトルのことである。ここで、周波数応答関数を G とするとき、この周波数応答関数 G は、下記数式 1 により表される。

【 0 0 2 6 】

$$G = X(f) / F a(f) \quad (1)$$

【 0 0 2 7 】

なお、上記数式 1 において、 $F a(f)$ は、フェース面の加振力信号の複素フーリエスペクトルであり、 $X(f)$ は、観測メッシュにおける音圧信号の複素フーリエスペクトルである。上述のように、解析部 2 2 で計算された周波数応答関数（伝達関数）と、ゴルフボール打撃時に発生する加振力の加振力信号の複素フーリエスペクトルとを用いることにより、観測メッシュにおける音圧信号の複素フーリエスペクトルを求めることができる。この観測メッシュにおける音圧信号の複素フーリエスペクトルについて、逆 FFT をし、逆フーリエ変換データを得る。これにより、ゴルフボール打撃時に発生する打音の時間波形データを得ることができる。

10

【 0 0 2 8 】

また、解析部 2 2 においては、打音の時間波形データを、音声ファイルデータ、例えば、WAVE ファイルに変換し、ゴルフア、設計者等が聞くことが可能な打音を作成することができる。

解析部 2 2 は、上述のように、数値解析（シミュレーション）による音場解析および打音の作成を行うものであり、音場解析ソフトと、FFT アナライザの機能を兼ね備えるものである。このため、解析部 2 2 は、音場解析ソフトと FFT アナライザで代替することができる。音場解析ソフトには、例えば、日本イーエスアイ株式会社製、V A O n e（商品名）を用いることができる。

20

【 0 0 2 9 】

打音の評価パラメータ算出部 2 4 は、解析部 2 2 で得られた音圧レベルの時間波形データを用いて、例えば、打音の大きさを表す音圧パラメータと、打音の減衰の度合を表す残響パラメータと、打音の周波数特性を表す高低パラメータとを、評価用パラメータとして算出するものである。音圧パラメータ、残響パラメータ、および高低パラメータの算出には、例えば、特開 2 0 0 8 - 1 3 2 2 6 2 号公報に開示された方法が用いられる。

【 0 0 3 0 】

音圧パラメータとしては、I S O 5 3 2 B 規格に規定されるラウドネス（単位；s o n e）を対数表示した、公知のラウドネスレベル（単位；p h o n）の値を用いる。具体的には、打音の評価に用いる音圧波形データ全体（1 6 3 8 4 個）で FFT による周波数解析を行なってスペクトル波形を求め、I S O 5 3 2 B 規格におけるラウドネス曲線を適用することで、音圧波形のラウドネス（単位；s o n e）を求め、このラウドネスを対数表示したラウドネスレベル（単位；p h o n）の値を求める。この求められた音圧パラメータの値は、処理装置 1 2 のメモリ 2 6 に記憶される。

30

【 0 0 3 1 】

残響パラメータとしては、音圧波形データを、時間軸上で一番最初のサンプルデータ（始点データ）を基準番号とし、この番号から所定のサンプル数、例えば、サンプル数 1 0 0 で音圧波形が順次区切られたブロック群を作成する。そして、ブロック群のブロック A_k 毎に音圧波形のレベルの二乗和を求め、各ブロック毎にこの二乗和の対数值（以降、ブロック値とする）を求める。そして、ブロック群の各ブロックから、ブロック値が最大となる最大音圧ブロックを、起点ブロックとして抽出する。そして、この最大音圧ブロックのブロック値から所定値（本実施形態では 3 0 d B）だけ低い値を終点ブロック値として設定し、起点ブロック以降の複数のブロックにおいて、ブロック値が最初に終点ブロック値以下となる終点ブロックを抽出する。そして、これら起点ブロックと終点ブロックそれぞれの、時間軸上で最前のサンプルデータ間での時間幅を残響パラメータとする。

40

【 0 0 3 2 】

詳述すると、4 4 . 1 k H z のサンプリング周波数でサンプリングされた音圧波形の信号を $y(i)$ （ $i = 1 \sim 1 6 3 8 4$ の自然数）とすると、下記式 2 に従ってサンプル数 1

50

00 毎に区分けしたブロック数 A_k 毎に、相対音圧レベルの値 $E(k)$ (K は 1 ~ 16285) を計算し、例えば、16285 個の $E(k)$ を求め、この中で最大となる $E(k)$ を最大音圧ブロックとして抽出する。処理装置 12 では、この求められた残響パラメータの値は、処理装置 12 のメモリ 26 に記憶される。

【0033】

【数 1】

$$E(k) = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^{100} Y(i)^2 \right\} \quad (k=1 \sim 16285 \text{ の自然数}) \quad (2)$$

【0034】

高低パラメータとしては、得られた音圧波形のデータについて、時間軸上で最前部分の所定個数のサンプル（本実施形態では、1500 個）を除いた音圧波形データのうち、最前部分の所定数のデータ（本実施形態では、8192 データ）について周波数解析を行なって、スペクトル波形を求める。そして、このスペクトル波形のスペクトル値を重み付け係数として用いた、低周波成分を除いた所定の周波数範囲（本実施形態では、1 kHz ~ 20 kHz）における、振動波形のエネルギー加重平均周波数を高低パラメータとする。この求められた高低パラメータの値は、処理装置 12 のメモリ 26 に記憶される。

【0035】

上述のエネルギー加重平均周波数は下記式 3 に従って求める。式 3 において、 f は周波数、 L はスペクトル波形における周波数 f におけるスペクトル値から求めた、周波数 f における振動波形の音圧レベル（dB 値）であり、式 3 に従って、低周波成分を除いた所定の周波数範囲（1 kHz ~ 20 kHz）においてエネルギー加重平均周波数を求める。このようなエネルギー加重平均周波数は、打撃後一定の時間を経た振動波形データを用いて求めるので、パラメータとしての精度、さらには再現性が悪化するという問題は解消する。また、例えば、周波数が 1 kHz 未満の低周波成分を除いた周波数範囲でエネルギー加重平均周波数を求めるので、振動波形について周波数解析を行なった際に発生する DC（直流）成分の影響を除くことができ、パラメータとしての精度、さらには再現性が悪化するという問題をさらに解消している。

【0036】

【数 2】

$$\text{エネルギー加重平均周波数} = \frac{\sum_f f \cdot 10^{\frac{L}{10}}}{\sum_f 10^{\frac{L}{10}}} \quad (3)$$

【0037】

次に、ゴルフクラブの設計方法について説明する。

本実施形態のゴルフクラブの設計方法においては、まず、3次元 CAD データで表される第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 に対して音場解析ができるように、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 の 3次元 CAD データをメモリ 26 から解析モデル作成部 20 に呼び出し、解析モデル作成部 20 で、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 を有限要素解析等の数値解析が可能なメッシュデータに変換し、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 のメッシュモデル（ゴルフクラブヘッド解析モデル）を作成する（ステップ S10）。さらに、応答点を含む領域も有限要素解析が可能なメッシュデータに変換し、観測用メッシュのメッシュモデル（数値解析モデル）を作成する（ステップ S10）。応答点は、例えば、フェース面を基準として所定の距離をあけて、ゴルフの耳の位置を含む 3 点設定される。これにより、例えば、図 4 に示す解析モデル 40 が得られ、モニタ 16 に表示される。

図 4 に示す解析モデル 40 は、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 30 のメッシュモデル 42 に対して、第 1 の観測用メッシュのメッシュモデル 44、第 2 の観測用メッシュのメッシュモデル 46、第 3 の観測用メッシュのメッシュモデル 48 がフェース面を基準として所定の距離をあけて、仮想的に配置されたものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

また、解析モデル 4 0 において、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 および第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a の材料特性は、下記表 1 に示す材料特性を有する 6 - 4 チタン (T i - 6 A l - 4 V) とし、ゴルフクラブヘッドの周囲の流体は、下記表 2 に示す特性の空気である。

【 0 0 3 9 】

【 表 1 】

弾性係数	106[GPa]
ポアソン比	0. 321
せん断弾性係数	40. 1[GPa]
密度	$4. 42 \times 10^3$ [kg/m ³]
熱膨張係数	$1. 17 \times 10^{-5}$
構造減衰係数	0. 01
基準温度	21. 85[°C]
質量	352. 3[g]
パターンメッシュサイズ	3. 0[mm]

10

20

【 0 0 4 0 】

【 表 2 】

音速	343[m/s]
密度	$1. 21$ [kg/m ³]
動粘性係数	$1. 5 \times 10^{-5}$ [m ² /s]
比熱比	1. 4
プラントル数	0. 71

30

【 0 0 4 1 】

次に、解析部 2 2 で、解析モデル 4 0 に対して音場解析を行い、各応答点に相当するメッシュモデル 4 4 ~ 4 8 の周波数応答関数 (伝達関数) を算出する (ステップ S 1 2) 。

なお、周波数応答関数 (伝達関数) の算出には、例えば、メッシュモデル 4 2 のフェース面の中心に相当する位置に、加振力を 1 N、正弦波状に加えたときのメッシュモデル 4 4 ~ 4 8 での周波数応答解析を、解析する周波数域を 2 k H z ~ 1 0 k H z とし、例えば、3 H z 毎に行う。

第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 の周波数応答解析の結果 (周波数応答関数 (伝達関数)) を図 5 (a) ~ (c) に示す。また、図 5 (a) ~ (c) には、比較のために、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 を実際に作製し、後述する図 1 0 (a) に示す測定装置 1 0 0 a を用いて、各応答点に相当する位置における周波数応答関数 (伝達関数) を求めた結果も示す。なお、図 5 (a) ~ (c) に示す は数値解析 (シミュレーション) によって得られた周波数応答関数 (伝達関数) であり、 は実際に作製したものについて、後述する図 1 0 (a) に示す測定装置 1 0 0 a を用いて得られた周波数応答関数 (伝達関数) である。第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 は、6 - 4 チタン (T i - 6 A l - 4 V) で作製した。

40

【 0 0 4 2 】

次に、解析モデル 4 0 において、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のメッシュモデル 4 2 のフェース面の中心位置に加振力のスペクトルを加えたときの各応答点における複素スペクトル (打音スペクトル (スペクトルの虚部と実部)) を、解析部 2 2 で計算し、

50

各応答点における複素スペクトルをメモリ26に記憶させる。

次に、各応答点における複素スペクトルに対して逆FFTをする。これにより、各応答点における音圧波形データ（音圧レベルの時間波形データ）が得られる（ステップS14）。各応答点における音圧波形データは、シミュレーションにより作成された打音を示すものである。各応答点における音圧波形データをメモリ26に記憶させる。

【0043】

第1のゴルフクラブヘッドモデル30に関して、図6(a)に第1の観測用メッシュのメッシュモデル44の位置のシミュレーションにより作成された打音の時間波形を示し、図6(b)に第2の観測用メッシュのメッシュモデル46の位置のシミュレーションにより作成された打音の時間波形を示す。また、比較のために、第1のゴルフクラブヘッドモデル30に関して、図6(c)に第1の観測用メッシュのメッシュモデル44と同じ位置で測定した打音の時間波形を示し、図6(d)に第2の観測用メッシュのメッシュモデル46と同じ位置で測定した打音の時間波形を示す。なお、図6(c)、(d)に示す打音の時間波形は、後述する図10(b)に示す測定装置100bを用いて測定されたものである。

10

【0044】

次に、解析部22において、各応答点における音圧レベルの時間波形データを、音声データ、例えば、WAVEファイルに変換する。そして、各応答点におけるWAVEファイルをメモリ26に記憶させる。このように音声データに変換することにより、ゴルフ、設計者等がシミュレーションにより作成された各応答点での打音を聞くことができる。

20

【0045】

次に、各応答点における音圧レベルの時間波形をメモリ26から打音の評価パラメータ算出部24に呼び出す。次に、各応答点における音圧レベルの時間波形を用いて、打音の評価パラメータ算出部24で、音圧パラメータ、残響パラメータおよび高低パラメータを算出させる（ステップS16）。音圧パラメータ、残響パラメータおよび高低パラメータの結果をメモリ26に記憶させる。

図7(a)に音圧パラメータの結果を、図7(b)に残響パラメータの結果を、図7(c)に高低パラメータの結果を示す。

図7(a)～(c)に示すように、試作することなく、シミュレーションにより作成した打音を用いて打音を評価することができる。

30

【0046】

なお、図7(a)～(c)において、 P_1 は、第1の観測用メッシュのメッシュモデル44の位置での結果を示すものであり、 P_2 は、第2の観測用メッシュのメッシュモデル46の位置での結果を示すものであり、 P_3 は、第3の観測用メッシュのメッシュモデル48の位置での結果を示すものである。なお、図7(a)～(c)には、比較のために、図7(a)に第1のゴルフクラブヘッドモデル30を実際に作製して得られた音圧パラメータの結果を、図7(b)に残響パラメータの結果を、図7(c)に高低パラメータの結果も示す。図7(a)～(c)において、 D_1 は、第1の観測用メッシュのメッシュモデル44に相当する位置での結果を示すものであり、 D_2 は、第2の観測用メッシュのメッシュモデル46に相当する位置での結果を示すものであり、 D_3 は、第3の観測用メッシュのメッシュモデル48に相当する位置での結果を示すものである。図7(a)～(c)に示す D_1 ～ D_3 は、後述する図10(b)に示す測定装置100bを用いて得られたものである。

40

【0047】

次に、第1のゴルフクラブヘッドモデル30に対して、構造を変更した第2のゴルフクラブヘッド30aについて、第1のゴルフクラブヘッドモデル30と同様にして打音を評価する。

この場合、解析モデル作成部20にて、第2のゴルフクラブヘッドモデル30aをメッシュデータに変換するとともに、応答点についても第1の観測用メッシュ～第3の観測用メッシュのメッシュモデル44～48を作成して解析モデルを作成する（ステップS10

50

）。次いで、解析部 2 2 で解析モデルに対して音場解析を行い、各応答点に相当するメッシュモデルの周波数応答関数（伝達関数）を算出する（ステップ S 1 2）。この結果を図 8（a）～（c）に示す。

また、図 8（a）～（c）には、比較のために、第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a を実際に作製し、後述する図 1 0（a）に示す測定装置 1 0 0 a を用いて、各応答点に相当する位置における周波数応答関数（伝達関数）を求めた結果も示す。なお、図 8（a）～（c）に示す は数値解析（シミュレーション）によって得られた周波数応答関数（伝達関数）であり、 は実際に作製したものについて、後述する図 1 0（a）に示す測定装置 1 0 0 a を用いて得られた周波数応答関数（伝達関数）である。第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a は、6 - 4 チタン（Ti - 6 Al - 4 V）で作製した。

10

【0048】

次に、解析モデル 4 0 において、第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a のメッシュモデルのフェース面の中心位置に加振力のスペクトルを加えたときの各応答点における複素スペクトル（打音スペクトル（スペクトルの虚部と実部））を、解析部 2 2 で計算し、各応答点における複素スペクトルをメモリ 2 6 に記憶させる。

次に、各応答点における複素スペクトルに対して逆 FFT をする。これにより、各応答点における音圧波形データが得られる（ステップ S 1 4）。各応答点における音圧波形データをメモリ 2 6 に記憶させる。また、各応答点における音圧波形データを、図 9（a）、（b）に示す。なお、図 9（a）に第 1 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 4 の位置のシミュレーションにより作成された打音の時間波形を示し、図 9（b）に第 2 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 6 の位置のシミュレーションにより作成された打音の時間波形を示す。また、比較のために、図 9（c）に第 1 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 4 と同じ位置で測定した打音の時間波形を示し、図 9（d）に第 2 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 6 と同じ位置で測定した打音の時間波形を示す。なお、図 9（c）、（d）に示す打音の時間波形は、後述する図 1 0（b）に示す測定装置 1 0 0 b を用いて測定されたものである。

20

【0049】

次に、解析部 2 2 において、各応答点における音圧レベルの時間波形データを、音声データ、例えば、WAVE ファイルに変換する。そして、各応答点における WAVE ファイルをメモリ 2 6 に記憶させる。このように音声データに変換することにより、ゴルフア、設計者等がシミュレーションにより作成された各応答点での打音を聞くことができる。

30

【0050】

次に、各応答点における音圧レベルの時間波形データをメモリ 2 6 から打音の評価パラメータ算出部 2 4 に呼び出す。次に、各応答点における音圧レベルの時間波形を用いて、打音の評価パラメータ算出部 2 4 で、音圧パラメータ、残響パラメータおよび高低パラメータを算出させる（ステップ S 1 6）。音圧パラメータ、残響パラメータおよび高低パラメータの結果をメモリ 2 6 に記憶させる。

図 7（a）に音圧パラメータの結果を、図 7（b）に残響パラメータの結果を、図 7（c）に高低パラメータの結果を示す。図 7（a）～（c）に示すように、第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a においても、試作することなく、シミュレーションにより作成した打音を用いて打音を評価することができる。

40

【0051】

図 7（a）～（c）に示すように、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 と、第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a とでは、音圧パラメータ、残響パラメータおよび高低パラメータの結果が異なる。この相違は、ソール部分にリップを設けたことによるものである。しかも、リップを設けたことによる各評価パラメータの違いは、試作した第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0、第 2 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 a と比較した場合でも同様の傾向が得られる。

本実施形態のように、打音をシミュレーションで作成した場合でも、ゴルフクラブヘッドの構造の違いに基づく、音圧パラメータ、残響パラメータおよび高低パラメータの変化

50

を再現することができる。このため、ゴルフクラブヘッドを設計する際に、ゴルフクラブヘッドの構成に基づく打音の変化を試作することなく、シミュレーションによって知ることができる。打音に関しては、音が高く、かつ残響が大きい方が好まれることが官能検査からわかっている。このため、構造変更の際に、構造変更前に比して、音が高く、かつ残響が大きくなっているかによって、リブなどの部材の配置の適否を確認することができる。

【 0 0 5 2 】

以下に、各応答点に相当する位置における伝達関数の測定に用いられる測定装置 1 0 0 a および各応答点に相当する位置における打音の測定に用いられる測定装置 1 0 0 b について説明する。

図 1 0 (a) に示す測定装置 1 0 0 a は、第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c と、FFTアナライザ 1 0 4 と、PC 1 0 6 と、モニタ 1 0 8 と、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 に所定の加振力を加えるインパルスハンマ 1 2 2 とを有する。

【 0 0 5 3 】

第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c は、インパルスハンマ 1 2 2 により第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 を打撃した際に発生した打音を測定するものであり、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のフェース部分 3 2 の表面 3 2 a から所定の間隔をあけて配置されている。第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c は、第 1 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 4、第 2 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 6、第 3 の観測用メッシュのメッシュモデル 4 8 に対応する位置に設けられている。第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c の打音の出力信号が FFT アナライザ 1 0 4 に出力される。

【 0 0 5 4 】

インパルスハンマ 1 2 2 は、構造物の固有振動数測定やモーダル解析を行うための力センサを内蔵した加振ハンマである。このインパルスハンマ 1 2 2 で、例えば、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のフェース部分 3 2 の表面 3 2 a を打撃した場合、内蔵されている力センサから加振力信号が FFT アナライザ 1 0 4 に出力される。このインパルスハンマ 1 2 2 により、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 に既知の加振力を付与することができる。

【 0 0 5 5 】

FFT アナライザ 1 0 4 は、第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c で測定された打音の音圧信号を時系列で取り込み、デジタル信号に変換して、打音の音圧信号の時系列データ（打音の時間波形データ）を得るとともに、インパルスハンマ 1 2 2 から出力される加振力信号を時系列で取り込み、デジタル信号に変換して、インパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ（時間波形）を得る。

さらに、FFT アナライザ 1 0 4 は、第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c による打音の音圧信号の時系列データ（打音の時間波形データ）、およびインパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ（時間波形）に基づいて、周波数応答関数を求める機能を有する。その他、FFT アナライザ 1 0 4 は、一般的な FFT アナライザが備える機能を有する。

FFT アナライザ 1 0 4 に取得された打音の音圧信号の時系列データ、インパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ（時間波形）および FFT アナライザ 1 0 4 で求められた周波数応答関数（伝達関数）の結果は PC 1 0 6 に出力される。

【 0 0 5 6 】

PC 1 0 6 は、処理装置であって、一般的なパーソナルコンピュータと同様の構成を有するものであり、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）を備え、キーボード、マウスなどのコンピュータの入力に用いられる入力部（図示せず）と、入力部からの入力情報および CPU で情報処理された情報を表示する LCD などのモニタ 1 0 8 とを有する。

測定装置 1 0 0 a では、インパルスハンマ 1 2 2 で、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のフェース部分 3 2 の表面 3 2 a が打撃された際に生じる打音が第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c で測定されて、FFT アナライザ 1 0 4 では、打音の時間波形

10

20

30

40

50

データが得られるとともに、インパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ（時間波形）も得られる。更に、FFTアナライザ 1 0 4 では、これらに基づいて周波数応答関数（伝達関数） f が求められる。

【0057】

図 1 0 (b) に示す測定装置 1 0 0 b は、インパルスハンマ 1 2 2 に代えて、筒 1 1 0 が設けられている以外は、図 1 0 (a) に示す測定装置 1 0 0 a と同様の構成である。

筒 1 1 0 は、ゴルフボール 1 1 2 が通過できる内径を有するものである。この筒 1 1 0 は、その開口 1 1 0 a を第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 に向け、かつ筒 1 1 0 の軸線が水平面に対して垂直に設けられている。

この筒 1 1 0 の上方の開口 1 1 0 b からゴルフボール 1 1 2 が落下されて、筒 1 1 0 の内部を通り、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のフェース部分 3 2 の表面 3 2 a に衝突する。このゴルフボール 1 1 2 の落下により生じる打音が第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c で測定される。

【0058】

測定装置 1 0 0 b では、ゴルフボール 1 1 2 が落下されて、筒 1 1 0 の内部を通り、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のフェース部分 3 2 の表面 3 2 a に衝突した際に生じる打音が第 1 のマイク 1 0 2 a ~ 第 3 のマイク 1 0 2 c で測定されて、FFTアナライザ 1 0 4 により、打音の時間波形データが得られるとともに、周波数応答関数（伝達関数） f が求められる。

【0059】

また、打音を得るために、解析モデル 4 0 のメッシュモデル 4 2 に加える加振力は、実際の打音に近づけるためには、ゴルフのスイングによって生じる加振力であることが好ましい。さらには、特願 2 0 0 9 - 2 0 4 5 0 5 号に示すように、具体的には、以下に示すようにして測定した加振力を利用することもできる。

【0060】

図 1 1 に示すゴルフクラブヘッド 1 3 0 にゴルフボール等によって加えられる加振力を測定する測定装置 1 2 0 を用いる。

図 1 1 に示す測定装置 1 2 0 は、所定の加振力をゴルフクラブヘッド 1 3 0 に加えるインパルスハンマ 1 2 2 と、FFTアナライザ 1 2 4 と、加速度センサ 1 2 6 と、アンプ 1 2 8 と、コンピュータ（以下、PC という）1 2 9 とを有する。

加速度センサ 1 2 6 はアンプ 1 2 8 を介してFFTアナライザ 1 2 4 に接続されており、インパルスハンマ 1 2 2 はFFTアナライザ 1 2 4 に接続されている。

【0061】

インパルスハンマ 1 2 2 は、上述の測定装置 1 0 0 a と同じものであるため、その詳細な説明は省略する。このインパルスハンマ 1 2 2 で、例えば、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 のフェース面 1 3 2 を打撃した場合、内蔵されている力センサから加振力信号がFFTアナライザ 1 2 4 に出力される。このインパルスハンマ 1 2 2 により、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 に既知の加振力を付与することができる。

【0062】

加速度センサ 1 2 6 は、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 のフェース面 1 3 2 に加振力が印加された場合におけるゴルフクラブヘッド 1 3 0 に生じる加速度を測定するものである。

この加速度センサ 1 2 6 は、例えば、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 のホーゼル部 1 3 4 の下方に取り付けられる。この加速度センサ 1 2 6 が取り付けられる位置を取付位置 d という。

加速度センサ 1 2 6 には、例えば、軽量加速度ピックアップが用いられる。なお、加速度ピックアップは超軽量のものが好ましい。例えば、質量が 0 . 6 g のものを用いるとよい。これは、質量が大きいとフェース面 1 3 2 の振動に対する影響が大きくなるためである。

【0063】

アンプ 1 2 8 は、加速度センサ 1 2 6 に接続されている。このアンプ 1 2 8 には、加速

10

20

30

40

50

度センサ 1 2 6 で得られた加速度信号が、例えば、電荷の形態で入力される。アンプ 1 2 8 は、その電荷の形態で入力された加速度信号を電圧に変換し、増幅して F F T アナライザ 1 2 4 に加速度信号として出力する。

【 0 0 6 4 】

F F T アナライザ 1 2 4 は、アンプ 1 2 8 から電圧の形態で出力される加速度センサ 1 2 6 による加速度信号およびインパルスハンマ 1 2 2 から出力される加振力信号を時系列で取り込み、更には後述のように周波数応答関数を求めるものである。

【 0 0 6 5 】

F F T アナライザ 1 2 4 においては、例えば、加速度センサ 1 2 6 による加速度信号、およびインパルスハンマ 1 2 2 の加振力信号について、それぞれ打撃してから、例えば、20 マイクロ秒のサンプリング周期 (0 . 3 5 秒 / 1 6 3 8 4) で 0 . 3 5 秒間 (サンプリ
10
ング時間) 取り込む。なお、取り込みの際、サンプリング周波数は 4 8 k H z であり、
取込みデータ数は 1 6 3 8 4 である。

F F T アナライザ 1 2 4 により、加速度センサ 1 2 6 による加速度の時系列データ (時間波形) が取得されるとともに、インパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ (時間波形) が取得される。

【 0 0 6 6 】

また、F F T アナライザ 1 2 4 は、加速度センサ 1 2 6 による加速度の時系列データ (時間波形) 、およびインパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ (時間波形) について F F T を行う機能を有する。
20

さらに、F F T アナライザ 1 2 4 は、加速度センサ 1 2 6 による加速度の時系列データ (時間波形) 、およびインパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ (時間波形) に基づいて、周波数応答関数を求める機能を有する。その他、F F T アナライザ 1 2 4 は、一般的な F F T アナライザが備える機能を有する。

【 0 0 6 7 】

F F T アナライザ 1 2 4 に取得された加速度センサ 1 2 6 による加速度の時系列データ (時間波形) およびインパルスハンマ 1 2 2 による加振力の時系列データ (時間波形) は P C 1 2 9 に出力される。

また、F F T アナライザ 1 2 4 でなされた F F T の結果、および求められた周波数応答関数についても P C 1 2 9 に出力される。
30

【 0 0 6 8 】

なお、F F T アナライザ 1 2 4 による加速度信号、および加振力信号についてのサンプリング周期は、20 マイクロ秒に限定されるものではなく、要求される振動の測定精度に応じて適宜変更可能である。さらには、F F T アナライザ 1 2 4 による加速度信号、および加振力信号についての取り込み時間 (サンプリ
ング時間) も、0 . 3 5 秒に限定されるものではなく、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 の特性、要求される測定精度に応じて適宜変更可能である。

【 0 0 6 9 】

P C 1 2 9 およびモニタ 1 2 9 a は、上述の図 1 0 (a) に示す測定装置 1 0 0 a の P C 1 0 6 とモニタ 1 0 8 と同様の構成であるため、詳細な説明は省略する。
40

P C 1 2 9 は、F F T アナライザ 1 2 4 からの加速度センサ 1 2 6 による加速度信号の時系列データ (時間波形) 、インパルスハンマ 1 2 2 の加振力信号の時系列データ (時間波形) が入力されて、例えば、メモリ、ハードディスク (図示せず) 等に記憶されるとともに、モニタ 1 2 9 a に、グラフ、数値等の形態で表示させる機能を有する。

【 0 0 7 0 】

次に、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 の加振力の測定方法について説明する。ゴルフクラブヘッド 1 3 0 の取付位置 d に、加速度センサ 1 2 6 が取り付けられている。

まず、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 のフェース面 1 3 2 の中心点 P にインパルスハンマ 1 2 2 で打撃する。この打撃時に、インパルスハンマ 1 2 2 から加振力信号が F F T アナライザ 1 2 4 に出力される。この打撃によりゴルフクラブヘッド 1 3 0 に生じた加速度 (第
50

1の応答信号)が加速度センサ126で測定されて、その加速度の加速度信号がFFTアナライザ124にアンプ128を介して出力される。

【0071】

FFTアナライザ124において、加速度センサ126による加速度信号、およびインパルスハンマ122の加振力信号について、例えば、20マイクロ秒のサンプリング周期(0.35秒/16384)で0.35秒間(サンプリング時間)取り込み、ゴルフクラブヘッドの加速度の時系列データ、およびインパルスハンマ122による加振力の時系列データが取得される。

【0072】

次に、加速度の時系列データおよびインパルスハンマ122による加振力の時系列データに基づいて、FFTアナライザ124において中心点Pにおける周波数応答関数が計算される。

10

これらのゴルフクラブヘッドの加速度の時系列データ、およびインパルスハンマ122による加振力の時系列データならび周波数応答関数はPC129に出力され、PC129のメモリ、ハードディスク等に記憶される。

【0073】

周波数応答関数は、入力のフーリエスペクトルと出力のフーリエスペクトルとの比で表されるものである。入力のフーリエスペクトルは、インパルスハンマ122の加振力信号のフーリエスペクトルのことである。出力のフーリエスペクトルは、ゴルフクラブヘッドの加速度信号のフーリエスペクトルのことである。ここで、周波数応答関数をHとするとき、この周波数応答関数Hは、下記数式4により表される。

20

【0074】

$$H = A(f) / F(f) \quad (4)$$

【0075】

なお、上記数式4において、 $F(f)$ は、インパルスハンマ122の加振力信号の複素フーリエスペクトルであり、 $A(f)$ は、ゴルフクラブヘッドの加速度の複素フーリエスペクトルである。

また、ゴルフボール112を、例えば、フェース面132の中心点Pに衝突させたときに発生する加振力の加振力信号の複素フーリエスペクトルを $F_1(f)$ とし、ゴルフボール112を、例えば、フェース面132の中心点Pに衝突させたときにゴルフクラブヘッド130に発生する加速度の加速度信号の複素フーリエスペクトルを $A_1(f)$ とするとき、この加振力信号の複素フーリエスペクトル $F_1(f)$ は、下記数式5により求めることができる。

30

【0076】

$$F_1(f) = A_1(f) / H \quad (5)$$

【0077】

周波数応答関数Hを求める場合、まず、FFTアナライザ124により、ゴルフクラブヘッドの加速度の時系列データおよびインパルスハンマ122による加振力の時系列データについて、FFT(高速フーリエ変換)がなされる。これにより、ゴルフクラブヘッドの加速度についての複素フーリエスペクトル、すなわち、 $A(f)$ が得られる。更には、インパルスハンマ122による加振力についての複素フーリエスペクトル、すなわち、 $F(f)$ が得られる。

40

【0078】

次に、FFTアナライザ124により、加速度の複素フーリエスペクトル $A(f)$ および加振力の複素フーリエスペクトル $F(f)$ を用いて周波数応答関数Hが計算される。これにより、周波数応答関数Hが得られ、周波数応答関数HがPC129に出力されて記憶される。

次に、周波数応答関数Hを測定したのと同じゴルフクラブヘッド130に対して、例えば、インパルスハンマ122で打撃を加えた中心点Pに、所定の速度でゴルフボール112を衝突させる。このとき、加速センサ126でゴルフクラブヘッド130に生じた加速

50

度が測定され、アンプ 128 を介して F F T アナライザ 124 に出力される。この F F T アナライザ 124 では、ゴルフクラブヘッド 130 の加速度の時系列データが取得される。

【0079】

次に、F F T アナライザ 124 により、このゴルフクラブヘッド 130 の加速度の時系列データが高速フーリエ変換され、ゴルフクラブヘッド 130 の加速度のフーリエ変換データを得る。これにより、ゴルフボール 112 を衝突させたときにゴルフクラブヘッド 130 に発生した加速度の複素フーリエスペクトル $A_1(f)$ を得る。

次に、P C 129 で記憶しておいた周波数応答関数 H 、加速度の複素フーリエスペクトル $A_1(f)$ を F F T アナライザ 124 に出力し、この F F T アナライザ 124 において、上記数式 2 を用いて、ゴルフボール 112 を衝突させたときにゴルフクラブヘッド 130 に発生した加振力の複素フーリエスペクトル $F_1(f)$ を求める。

【0080】

次に、F F T アナライザ 124 により、求めた加振力の複素フーリエスペクトル $F_1(f)$ について、逆 F F T (逆高速フーリエ変換) がされて、逆フーリエ変換データを得る。これにより、ゴルフボール 112 の衝突時における加振力の時系列データが得られる。

F F T アナライザ 124 において、この逆フーリエ変換で得られた加振力の時系列データにおける最大の加振力の値が抽出される。この加振力の最大値を、ゴルフボール 112 がフェース面に衝突したときの加振力 F_1 として、F F T アナライザ 124 から P C 129 に出力し、P C 129 で記憶される。このようにして、ゴルフボール 112 を衝突させたときにゴルフクラブヘッド 130 に発生した加振力を求めることができる。

【0081】

なお、本実施形態において、インパルスハンマ 122 による加振力を、数式 3 を用いて、得られた加速度信号と周波数応答関数とに基づいて、加振力の複素フーリエスペクトル $F(f)$ を求めた。この複素フーリエスペクトル $F(f)$ について逆 F F T 変換をして、加振力信号の時系列データを求めた。

この結果、図 12 に示すグラフ 140 のように、計算で求めたインパルスハンマ 122 の加振信号の時系列データを示す曲線 142 と、インパルスハンマ 122 による加振信号の時系列データを示す曲線 144 とでは、ピーク値が略一致した。このように、インパルスハンマ 122 を用いて、加振力が分かるようにして、周波数応答関数を予め求めておけば、ゴルフボール 112 を衝突させたときのような加振力印加時の加速度の時系列データから、加振力を求めることができる。

【0082】

次に、上述の加振力の測定方法により得られた加振力について検証する。

図 13 は、加振力の測定に用いられる落下試験装置を示す模式図である。

図 13 に示す落下試験装置 (以下、単に試験装置という) 150 は、ロードセル 152 と、筒 110 と、アンプ 128 a と、F F T アナライザ 124 と、P C 129 と、モニタ 129 a とを有する。

ロードセル 152 は、ゴルフボール 112 による加振力を測定するものであり、水平面 B に載置されている。このロードセル 152 は、アンプ 128 a に接続されている。このアンプ 128 a により、加振力に応じてロードセル 152 で発生した出力信号が所定倍に増幅される。この増幅された出力信号が F F T アナライザ 124 に出力される。

【0083】

なお、F F T アナライザ 124、P C 129 およびモニタ 129 a は、図 11 に示す測定装置 120 の F F T アナライザ 124、P C 129 およびモニタ 129 a と同じ構成であるため、その詳細な説明は省略する。

【0084】

筒 110 は、図 10 (b) に示す測定装置 100 b の筒 110 と同じ構成であるため、その詳細な説明は省略する。筒 110 は、その開口 110 a をロードセル 152 に向け、かつ筒 110 の軸線が水平面 B に対して垂直に設けられている。

この筒 1 1 0 の上方の開口 1 1 0 b からゴルフボール 1 1 2 が落下されて、筒 1 1 0 の内部を通り、ロードセル 1 5 2 に衝突する。このゴルフボール 1 1 2 の落下によりロードセル 1 5 2 に生じる加振力が測定される。

【 0 0 8 5 】

また、この試験装置 1 5 0 において、ロードセル 1 5 2 に代えて、図 3 (a) ~ (c) に示す第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 を用いた。この第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 に対して加わる加振力を測定する。

フェース部分 3 2 の裏面 3 2 b に加速度センサ 1 2 6 a を取り付けることができる。このため、フェース部分 3 2 の表面 3 2 a における中心点にゴルフボール 1 1 2 を衝突させた場合、その中心点における加振力を測定することができる。これにより、ロードセル 1 5 2 にゴルフボール 1 1 2 を衝突させたときと同じ条件で、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 に対して、加振力を加えるとともに、その加振力を測定することができる。

【 0 0 8 6 】

また、加速度センサ 1 2 6 a は、図 1 1 に示す測定装置 1 2 0 で用いられた加速度センサ 1 2 6 と同じである。このため、その詳細な説明は省略する。加速度センサ 1 2 6 a は、アンプ 1 2 8 a に接続されて、FFT アナライザ 1 2 4 に加速度信号が入力される。

【 0 0 8 7 】

図 1 3 に示す試験装置 1 5 0 において、ロードセル 1 5 2 に対して、ボール 1 ~ ボール 3 の 3 種類のゴルフボールを用いて落下試験を行った。このときの加振力をそれぞれ測定した。

また、図 1 3 に示す試験装置 1 5 0 において、ロードセル 1 5 2 にかえて、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 を配置した。このとき、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 のフェース部分 3 2 の表面 3 2 a の高さを、ロードセル 1 5 2 でゴルフボールが衝突する部分と同じ高さにする。ロードセル 1 5 2 と同様に、ボール 1 ~ ボール 3 の 3 種類のゴルフボールを用いて落下試験を行った。このときの加振力をそれぞれ測定した。

落下試験における試験条件は、ロードセルと、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 とでは同じであり、ゴルフボールの衝突時におけるゴルフボールと加振部分との接触時間も同程度である。

【 0 0 8 8 】

なお、加振力の測定方法は、ロードセルおよび加速度センサと、FFT アナライザを用いた公知の測定方法であるため、その詳細な説明は省略する。測定した加振力の測定結果を下記表 1 に示す。

【 0 0 8 9 】

下記表 3 においては、ボール 1 で得られた第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 の加振力を基準として正規化している。また、ロードセルの欄において、括弧内に示す数値は、ロードセルを用いた落下試験において、ボール 1 で得られたロードセルの加振力を基準として正規化したものである。

【 0 0 9 0 】

【表 3】

	第1のゴルフクラブヘッドモデル	ロードセル
ボール1	1. 00	1. 55(1. 00)
ボール2	0. 80	1. 27(0. 82)
ボール3	1. 00	1. 50(0. 97)

【 0 0 9 1 】

上記表 3 に示すように、ボールの種類による加振力の違いは、ロードセルと、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 とでは一致している。また、ロードセルと、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 とでは、同じゴルフボールを使用しても加振力が異なる。これは、

10

20

30

40

50

ゴルフクラブヘッドのような薄肉中空構造物と水平面 B に直置きしたロードセルとにおいて、衝突する部分の剛性の違いの影響を受けている。上述のように、試験条件は、ロードセルと第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 とともに同じである。これらのことから、第 1 のゴルフクラブヘッドモデル 3 0 について得られた加振力の値は、精度が高い値といえる。

【 0 0 9 2 】

このように、周波数応答関数を予め求めておけば、ゴルフボールを衝突させたときの加振力を高い精度で求めることができる。これにより、例えば、ゴルフクラブヘッドについて F E M 解析を行う場合には、実際に作用する加振力を用いることができるため、解析精度を高くすることができる。

10

【 0 0 9 3 】

また、本実施形態においては、周波数応答関数 H を上記数式 4 のように規定したが、これに限定されるものではない。例えば、下記数式 6 で表される周波数応答関数 H 1 を用いてもよい。この周波数応答関数 H 1 は、周波数応答関数 H の逆数である。

この場合、ゴルフボール 1 1 2 を衝突させたときにゴルフクラブヘッド 1 3 0 に発生する加振力信号の複素フーリエスペクトル F 1 (f) は、下記数式 7 により求めることができる。この周波数応答関数 H 1 を用いる場合でも、ゴルフクラブヘッド 1 3 0 について、周波数応答関数 H 1 を予め求めておけば、上述のように、ゴルフボール 1 1 2 を衝突させたときの加振力を正確に求めることができる。このように、実際に作用する加振力を得ることができるため、数値解析を行う場合、解析精度を高くできる。

20

【 0 0 9 4 】

$$H 1 = F (f) / A (f) \quad (6)$$

【 0 0 9 5 】

$$F 1 (f) = H 1 \times A (f) \quad (7)$$

【 0 0 9 6 】

本発明は、基本的に以上のように構成されるものである。以上、本発明のゴルフクラブの設計システムおよびゴルフクラブの設計方法について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良または変更をしてもよいのはもちろんである。

30

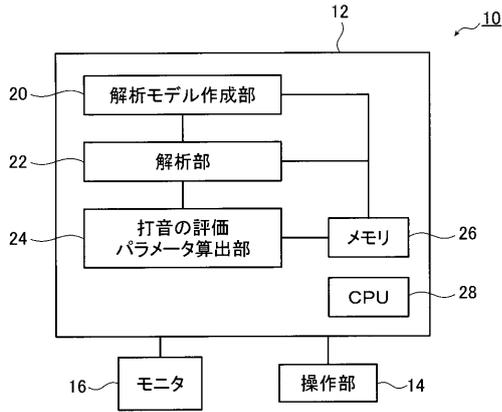
【 符号の説明 】

【 0 0 9 7 】

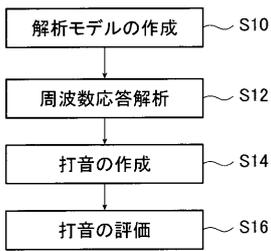
- 1 0 ゴルフクラブの設計システム (設計システム)
- 1 2 処理装置
- 1 4 操作部
- 1 6 モニタ
- 2 0 解析モデル作成部
- 2 2 解析部
- 2 4 打音の評価パラメータ算出部
- 2 6 メモリ
- 2 8 C P U
- 3 0 第 1 のゴルフクラブヘッドモデル
- 3 0 a 第 2 のゴルフクラブヘッドモデル
- 4 0 解析モデル
- 4 2 メッシュモデル
- 4 4 第 1 の観測用メッシュのメッシュモデル
- 4 6 第 2 の観測用メッシュのメッシュモデル
- 4 8 第 3 の観測用メッシュのメッシュモデル

40

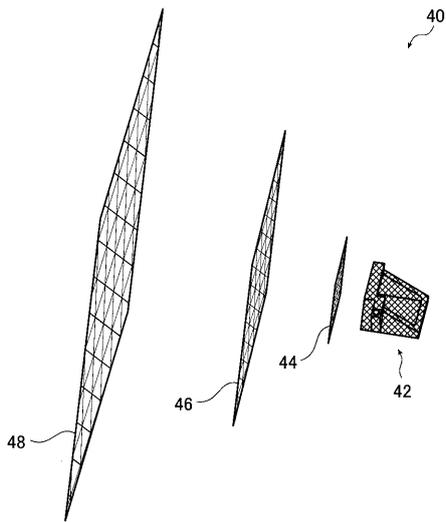
【図1】



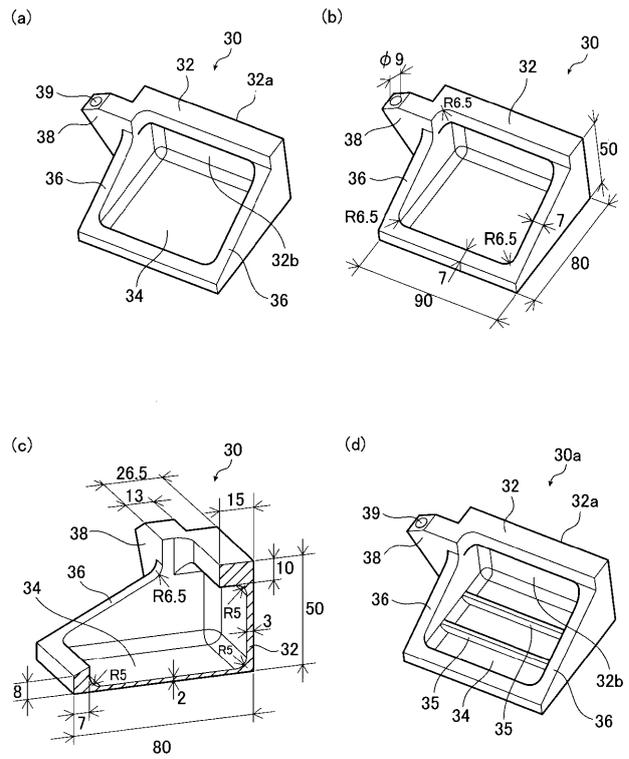
【図2】



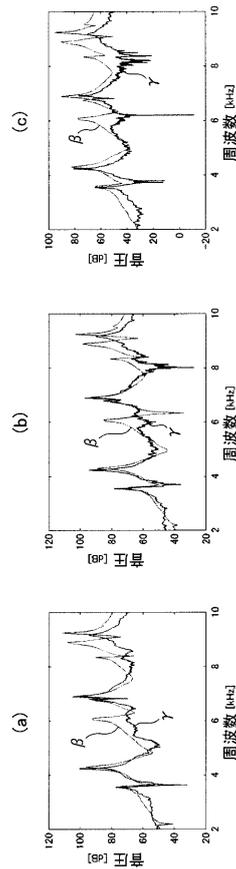
【図4】



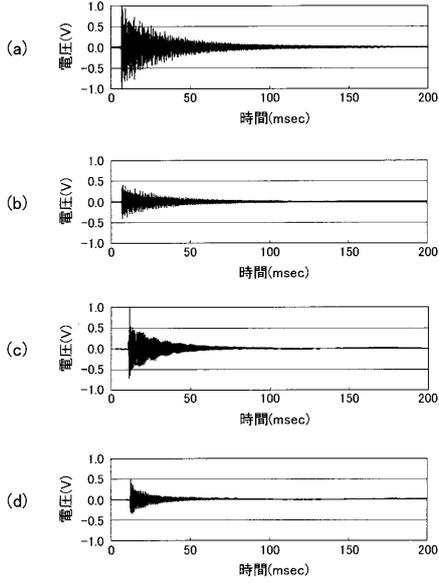
【図3】



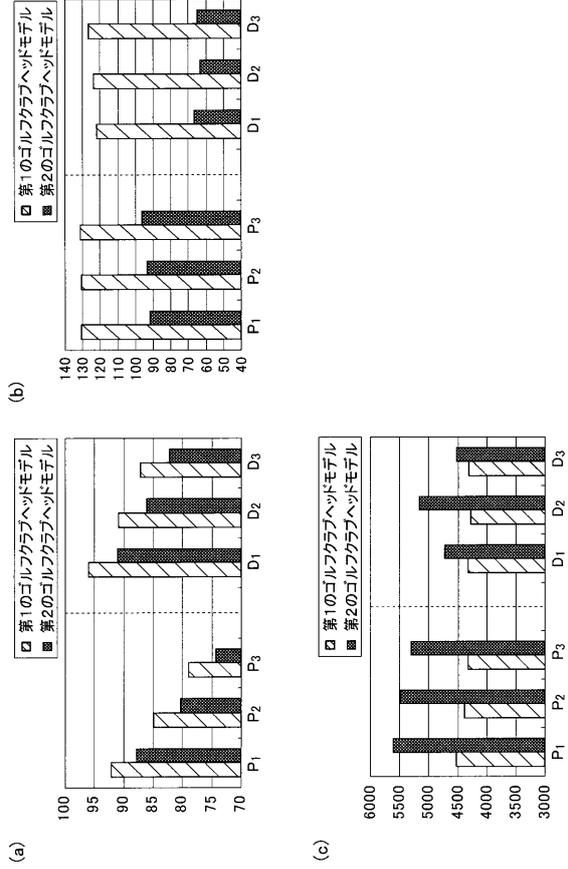
【図5】



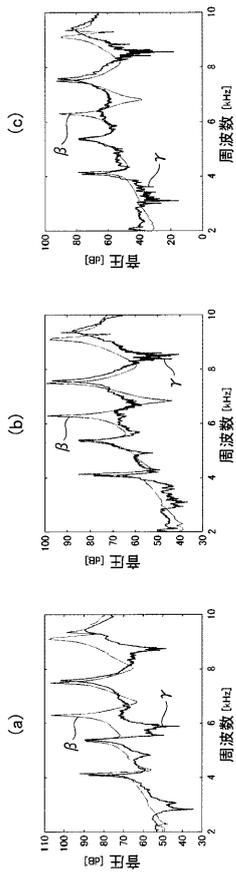
【 図 6 】



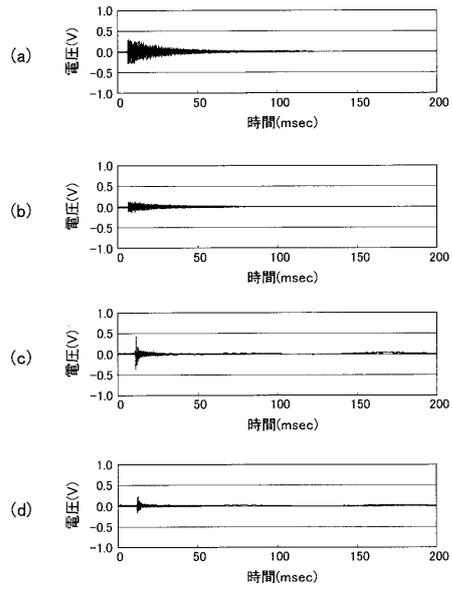
【 図 7 】



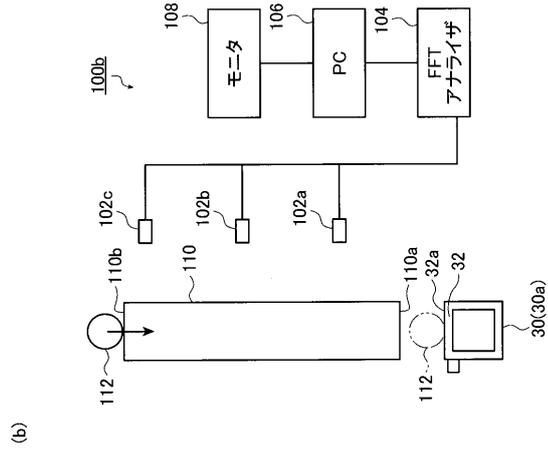
【 図 8 】



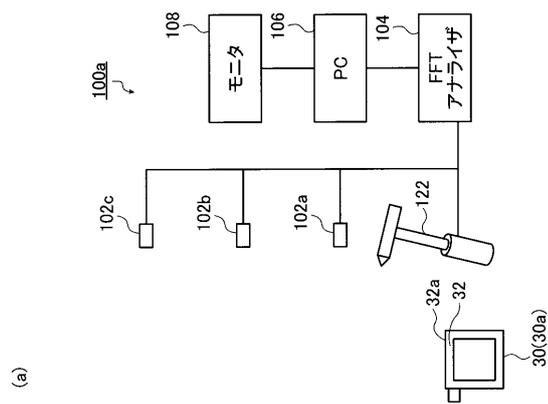
【 図 9 】



【図10】

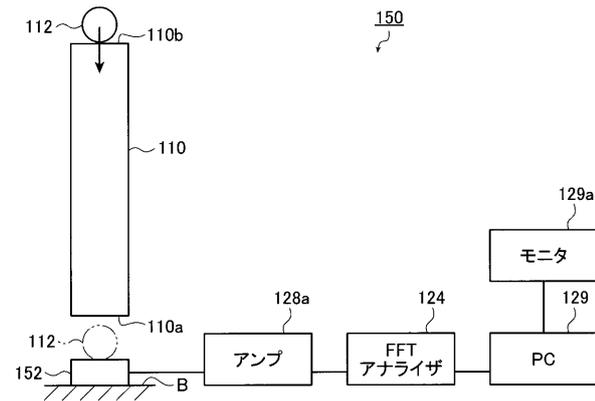


(b)

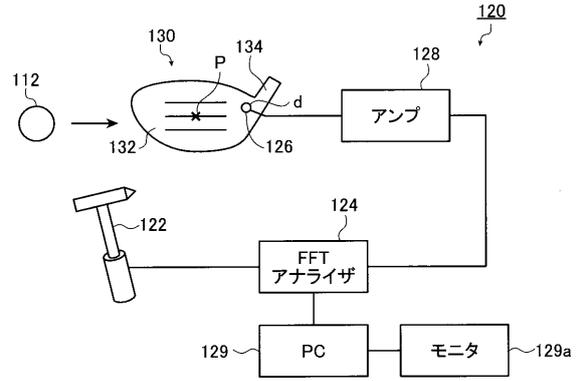


(a)

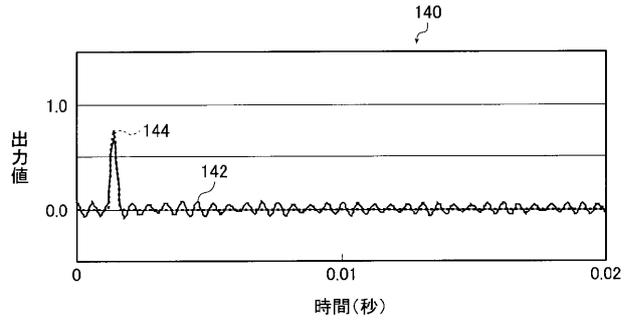
【図13】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (72)発明者 小野 一則
神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内
- (72)発明者 三枝 宏
神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内
- (72)発明者 塩田 久美子
神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内
- (72)発明者 大石 久己
東京都新宿区西新宿一丁目2番2号 学校法人工学院大学内
- Fターム(参考) 2C002 CH01 CH04 MM04 PP02 PP05 SS02 ZZ04
5B046 JA07