

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-18478
(P2017-18478A)

(43) 公開日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
A 6 1 B 8/08 (2006.01)	A 6 1 B 8/08	4 C 6 0 1
A 6 1 B 8/15 (2006.01)	A 6 1 B 8/15	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-140600 (P2015-140600)
 (22) 出願日 平成27年7月14日(2015.7.14)
 (出願人による申告)平成27年度、国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 センター・オブ・イノベーションプログラム『自分で守る健康社会拠点』委託研究開発、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504137912
 国立大学法人 東京大学
 東京都文京区本郷七丁目3番1号
 (71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 東 隆
 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
 (72) 発明者 射谷 和徳
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内

最終頁に続く

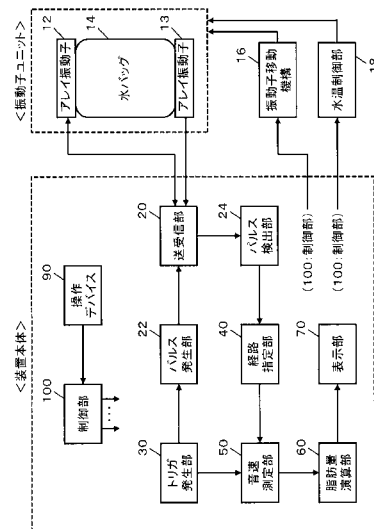
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置

(57) 【要約】

【課題】超音波を利用して得られる脂肪量の指標値の精度を高める。

【解決手段】対象部位を含む領域内において複数の探索経路の各探索経路ごとに超音波が送受される。経路指定部40は、複数の探索経路の各探索経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、対象部位内における測定の基準となる基準経路を指定する。音速測定部50は、基準経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて対象部位内の音速の測定データを得る。そして、脂肪量演算部60は、音速の測定データに基づいて対象部位内の脂肪量の指標値を導出する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

対象部位を含む領域内において複数の探索経路の各探索経路ごとに超音波を送受する超音波送受部と、

前記複数の探索経路の各探索経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、前記対象部位内における測定の基準となる基準経路を指定する経路指定部と、

前記基準経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて前記対象部位内の音速の測定データを得る音速測定部と、

前記音速の測定データに基づいて前記対象部位内の脂肪量の指標値を導出する指標値導出部と、

を有する、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波測定装置において、

前記経路指定部は、前記複数の探索経路の各々から得られる受信信号に基づいて、前記対象部位の皮膚表面の位置と当該対象部位の骨の位置を特定することにより、皮膚表面の位置と骨の位置に応じて定められた経路を前記基準経路とする、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の超音波測定装置において、

前記経路指定部は、前記複数の探索経路の中から前記対象部位の皮膚表面の位置に対応した第一探索経路と前記対象部位内の骨の位置に対応した第二探索経路を選択し、第一探索経路と第二探索経路の中間に前記基準経路を指定する、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の超音波測定装置において、

前記経路指定部は、前記複数の探索経路の中から前記対象部位の皮膚表面の位置に対応した第一探索経路と前記対象部位内の骨の位置に対応した第二探索経路を選択し、第一探索経路と第二探索経路の間に複数の前記基準経路を指定し、

前記音速測定部は、複数の前記基準経路の各基準経路ごとに前記対象部位内の音速の測定データを取得し、

前記指標値導出部は、複数の前記基準経路から得られる複数の測定データの統計的な代表値に基づいて前記対象部位内の脂肪量の指標値を導出する、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 に記載の超音波測定装置において、

前記経路指定部は、前記各探索経路から得られる受信信号に含まれる超音波のパルス波形の大きさに基づいて、前記複数の探索経路の中から前記第一探索経路と前記第二探索経路を選択する、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置において、

前記超音波送受部は、2つの超音波振動子を備え、それら2つの超音波振動子の一方から送波した超音波を他方で受波することにより、前記複数の探索経路の各探索経路ごとに超音波を送受する、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置において、

前記超音波送受部は、前記基準経路を含む基準面内において複数の測定経路で超音波を送受し、

10

20

30

40

50

前記音速測定部は、前記複数の測定経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、前記基準面内の注目箇所における音速の測定データを得る、

ことを特徴とする超音波測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波測定装置に関し、特に、超音波を利用して脂肪量の指標値を得る装置に関する。

【背景技術】

【0002】

生体等の被検体に対して超音波を送受することにより得られる信号に基づいて、その被検体内における組織の性状等を測定する装置が知られている。例えば、特許文献1には、生体に対して超音波を送受することにより、生体内を通過した超音波の透過速度から、その生体内における脂肪組織の厚さを測定する装置が開示されている。特許文献1には、生体内における腹部を測定の対象部位とする具体例が開示または示唆されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-128972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、測定の対象部位（例えば腹部や大腿部など）内における組織性状は必ずしも均一ではないため、例えば、対象部位内において透過速度（音速）を測定する経路が異なると、測定される透過速度（音速）にも相違が生じ、透過速度に基づいて得られる測定結果（例えば脂肪組織の厚さ等）にもばらつきが発生してしまう。

【0005】

したがって、対象部位内における音速に基づいて当該対象部位の脂肪量等を測定するにあたっては、音速を測定する経路（測定部分）の相違に起因する測定精度の低下（測定結果のばらつき等）を抑制できることが望ましい。

【0006】

本発明は、上述した背景技術に鑑みて成されたものであり、その目的は、超音波を利用して得られる脂肪量の指標値の精度を高めることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的にかなう好適な超音波測定装置は、対象部位を含む領域内において複数の探索経路の各探索経路ごとに超音波を送受する超音波送受部と、前記複数の探索経路の各探索経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、前記対象部位内における測定の基準となる基準経路を指定する経路指定部と、前記基準経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて前記対象部位内の音速の測定データを得る音速測定部と、前記音速の測定データに基づいて前記対象部位内の脂肪量の指標値を導出する指標値導出部と、を有することを特徴とする。

【0008】

上記装置が測定の対象とする対象部位としては、被検者の大腿部などが好適である。例えば、被検者の大腿部における筋肉群内の脂肪量から、その被検者の運動能力（例えば歩行能力）等を推定または診断することが可能になる。もちろん、大腿部以外の部位（腹部や腕など）が対象部位とされてもよい。

【0009】

また、上記構成における基準経路として好適な経路または好適な経路としての条件は、例えば、対象部位に応じて定められていることが望ましい。例えば、或る対象部位につい

10

20

30

40

50

て、医学的に標準化された又は推奨される経路があるのであれば、その経路がその対象部位の基準経路とされる。もちろん、対象部位の形状や対象部位内の組織性状等に応じて基準経路または基準経路が通る位置等が指定されてもよい。

【0010】

また、上記構成における脂肪量の指標値とは、脂肪量を評価するための目安となる値である。具体的には、脂肪量それ自体を表す数値（例えば脂肪の厚さ、脂肪の面積、脂肪の体積）等が指標値として導出されてもよいし、他組織と脂肪とを比較して得られる値（例えば体脂肪率）等が指標値として導出されてもよい。なお、音速の測定データがそのまま脂肪量の指標値とされてもよい。

【0011】

そして、上記装置によれば、対象部位内における測定の基準となる基準経路が指定されて、その基準経路において音速の測定データが得られる。さらに、その測定データに基づいて脂肪量の指標値が導出される。そのため、例えば経路の相違に伴う測定データや指標値のばらつきが軽減され、望ましくは当該ばらつきが解消され、惹いては、脂肪量の指標値の精度が高められる。

【0012】

望ましい具体例において、前記経路指定部は、前記複数の探索経路の各々から得られる受信信号に基づいて、前記対象部位の皮膚表面の位置と当該対象部位の骨の位置を特定することにより、皮膚表面の位置と骨の位置に応じて定められた経路を前記基準経路とすることを特徴とする。

【0013】

望ましい具体例において、前記経路指定部は、前記複数の探索経路の中から前記対象部位の皮膚表面の位置に対応した第一探索経路と前記対象部位内の骨の位置に対応した第二探索経路を選択し、第一探索経路と第二探索経路の中間に前記基準経路を指定する、ことを特徴とする。

【0014】

望ましい具体例において、前記経路指定部は、前記各探索経路から得られる受信信号に含まれる超音波のパルス波形の大きさに基づいて、前記複数の探索経路の中から前記第一探索経路と前記第二探索経路を選択する、ことを特徴とする。

【0015】

望ましい具体例において、前記超音波送受部は、2つの超音波振動子を備え、それら2つの超音波振動子の一方から送波した超音波を他方で受波することにより、前記複数の探索経路の各探索経路ごとに超音波を送受する、ことを特徴とする。

【0016】

望ましい具体例において、前記超音波送受部は、前記基準経路を含む基準面内において複数の測定経路で超音波を送受し、前記音速測定部は、前記複数の測定経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、前記基準面内の注目箇所における音速の測定データを得る、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明により、超音波を利用して得られる脂肪量の指標値の精度が高められる。例えば本発明の好適な態様によれば、対象部位内における測定の基準となる基準経路が指定されて、その基準経路において音速の測定データが得られ、さらに、その測定データに基づいて脂肪量の指標値が導出されるため、例えば経路の相違に伴う測定データや指標値のばらつきが軽減され、望ましくは当該ばらつきが解消される。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施において好適な超音波測定装置の全体構成図である。

【図2】図1の超音波測定装置の測定状態の具体例を説明するための図である。

【図3】各経路を伝播した超音波の受信信号の具体例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図4】音速測定の実施例を説明するための図である。

【図5】大腿部の他の測定例を示す図である。

【図6】複数の測定経路に基づく測定の実施例を示す図である。

【図7】複数の測定経路に基づく測定の手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1は、本発明の実施において好適な超音波測定装置の全体構成を示す図である。図1の超音波測定装置は、振動子ユニットと装置本体と振動子移動機構16と水温制御部18で構成され、測定の対象部位の音速の測定データを得て、音速の測定データに基づいて対象部位内の脂肪量の指標値を導出する機能を備えている。

10

【0020】

振動子ユニットは、2つのアレイ振動子12, 13と水バッグ14で構成される。2つのアレイ振動子12, 13は、各々が複数の振動素子(超音波振動素子)を備えている。各アレイ振動子12, 13は、複数の振動素子を1次元的に配列した1次元アレイ振動子または複数の振動素子を2次元的に配列した2次元アレイ振動子である。

【0021】

水バッグ14内は、超音波の媒体である水が充填されている。なお、水の代わりに他の超音波の媒体が利用されてもよい。水バッグ14は、2つのアレイ振動子12, 13の間に設けられている。水バッグ14は、2つのアレイ振動子12, 13の各々の振動子面に密着して設けられ、水バッグ14内の水が、2つのアレイ振動子12, 13を利用して送

20

受される超音波を伝播する媒体として機能する。

【0022】

次に装置本体内の構成について説明する。送受信部20は、2つのアレイ振動子12, 13による超音波の送受を制御する。送受信部20は、パルス発生部22から得られる送信パルスの送信信号を2つのアレイ振動子12, 13に出力して送信パルスに対応したパルス状の超音波を送波させる。また、超音波を受波した2つのアレイ振動子12, 13から得られる信号に対して増幅処理(受信アンプ処理)等の受信処理を施して、受信処理後の受信信号をパルス検出部24に出力する。

【0023】

なお、後に詳述するように、対象部位内における音速を測定する際には、2つのアレイ振動子12, 13のうちの一方が送信用振動子となり他方が受信用振動子となる。そのため、音速を測定する際に、送受信部20は、送信用振動子に送信パルスの送信信号を出力し、受信用振動子から得られる信号を受信処理する。

30

【0024】

パルス発生部22は、トリガ発生部30から出力されるトリガ信号の発生タイミングで超音波の送信パルスを送信する。トリガ発生部30が発生するトリガ信号は、音速測定部50にも出力される。パルス検出部24は、送受信部20から得られる受信信号に含まれる超音波の受信パルスを検出する。パルス検出部24は、例えば、受信信号内における波高値がパルスとみなせる基準値(閾値)を超えた信号部分を受信パルスとして検出する。

【0025】

40

経路指定部40は、対象部位内における音速の測定の基準となる経路(基準経路)を指定する。音速測定部50は、測定の基準として指定された経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、対象部位内の音速の測定データを得る。そして、脂肪量演算部60は、音速の測定データに基づいて対象部位内の脂肪量に関する指標値を導出する。導出された指標値は、表示部70に表示される。経路指定部40と音速測定部50と脂肪量演算部60における処理については後にさらに詳述する。

【0026】

制御部100は、図1の超音波測定装置内を全体的に制御する。制御部100による全体的な制御には、操作デバイス90を介して、医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。また、振動子移動機構16は、振動子ユニットを機械的に移動する

50

機構であり、水温制御部 18 は、水バッグ 14 内の水温を制御する。

【0027】

図 1 に示す構成（符号を付された各部）のうち、送受信部 20，パルス発生部 22，パルス検出部 24，トリガ発生部 30，経路指定部 40，音速測定部 50，脂肪量演算部 60，水温制御部 18 の各部は、例えば電気電子回路やプロセッサ等のハードウェアを利用して実現することができ、その実現において必要に応じてメモリ等のデバイスが利用されてもよい。また、上記各部に対応した機能の少なくとも一部がコンピュータにより実現されてもよい。つまり、上記各部に対応した機能の少なくとも一部が、CPU やプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPU やプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現されてもよい。

10

【0028】

表示部 70 の好適な具体例は、液晶ディスプレイ等であり、操作デバイス 90 は、例えば、マウス、キーボード、トラックボール、タッチパネル、その他のスイッチ類等のうちの少なくとも一つにより実現できる。そして、制御部 100 は、例えば、CPU やプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPU やプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現することができる。

【0029】

図 1 の超音波測定装置の全体構成は以上のとおりである。次に、図 1 の超音波測定装置により実現される機能の具体例について詳述する。なお、図 1 に示した構成（符号を付された各部）については、以下の説明において図 1 の符号を利用する。

20

【0030】

図 2 は、図 1 の超音波測定装置の測定状態の具体例を説明するための図である。図 2 には、対象部位の好適な具体例である大腿部 T の横断面（大腿部 T の長手方向に垂直な断面）が図示されている。図 2 において、大腿部 T の横断面に対応した 2 次元平面が X Y 座標系で表されている。

【0031】

図 2 の具体例において、アレイ振動子 12，13 は共に 1 次元アレイ振動子である。アレイ振動子 12，13 の各々は、Y 軸方向に 1 列に配列された複数の振動素子（超音波振動素子）で構成されている。

【0032】

2 つのアレイ振動子 12，13 は互いに平行な状態で相対的に位置関係を固定される。また、2 つのアレイ振動子 12，13 の互いに対応する振動素子が同じ高さ（Y 軸方向の位置）に配置される。例えば、アレイ振動子 12 の振動素子 a とアレイ振動子 13 の振動素子 a は互いに同じ高さにあり、アレイ振動子 12 の振動素子 b とアレイ振動子 13 の振動素子 b も互いに同じ高さにある。互いに対応する他の振動素子（c，d など）も互いに同じ高さに配置される。

30

【0033】

2 つのアレイ振動子 12，13 の間には水バッグ 14 が設けられている。水バッグ 14 内には、超音波の媒体である水が充満されている。図 2 の具体例では、2 つのアレイ振動子 12，13 とそれらの間に設けられた水バッグ 14 からなる振動子ユニットが、上側（Y 軸の正方向側）から大腿部 T に載せられ、水バッグ 14 が大腿部 T に押し付けられる。水バッグ 14 は、大腿部 T の表面に密着しつつ大腿部 T の形状に適合するように変形される。これにより、図 2 に示す具体例のように、大腿部 T の上側部分が水バッグ 14 に埋め込まれた状態で 2 つのアレイ振動子 12，13 の間に配置される。

40

【0034】

図 2 に示す配置状態で、2 つのアレイ振動子 12，13 の一方から他方に超音波が送波される。図 2 の具体例では、アレイ振動子 12 が送信用 1D（1 次元）アレイであり、アレイ振動子 13 が受信用 1D（1 次元）アレイである。そして 2 つのアレイ振動子 12，13 の間において、複数の経路に亘って各経路ごとに超音波が送受される。

【0035】

50

例えば、まず、送信用のアレイ振動子 1 2 の振動素子 a のみから超音波のパルス波が送波され、受信用のアレイ振動子 1 3 の振動素子 a から出力される信号に対応した受信信号が取得される。これにより、図 2 の経路 a を伝播した超音波の受信信号が取得される。次に、振動素子 a の隣にある送信用と受信用の振動素子同士で超音波の送受が行われる。続いて、アレイ振動子 1 2 の振動素子 b のみから超音波のパルス波が送波され、アレイ振動子 1 3 の振動素子 b から出力される信号に対応した受信信号が取得される。つまり、図 2 の経路 b を伝播した超音波の受信信号が取得される。

【 0 0 3 6 】

このように、互いに対応する振動素子同士で次々に超音波が送受され、互いに対応する振動素子同士を直線で結ぶ経路を伝播した超音波の受信信号が次々に取得される。

10

【 0 0 3 7 】

そして、複数の経路の各経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、大腿部 T の皮膚表面に対応した経路 b と、大腿部 T の骨に対応した経路 d が選択され、測定のための基準経路として、経路 a と経路 b の中間にある経路 c が特定される。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、各経路を伝播した超音波の受信信号の具体例を示す図である。図 3 には、図 2 の経路 a , b , c , d のそれぞれに対応した受信信号の具体例が図示されている。

【 0 0 3 9 】

図 3 (A) は、経路 a の受信信号を示している。経路 a は、水バッグ 1 4 内のみ、つまり水中のみを通る経路であり (図 2 参照)、超音波の減衰が比較的小さい。そのため、経路 a の受信信号に含まれる受信パルスの波高値 A と振幅 A は比較的大きい。

20

【 0 0 4 0 】

図 3 (B) は、経路 b の受信信号を示している。経路 b は、大腿部 T の皮膚表面を通る経路であり (図 2 参照)、大腿部 T の表面において超音波の散乱や減衰があるため、水中のみを通る経路 a の場合に比べて、受信パルスの波高値 B と振幅 B が小さくなる。

【 0 0 4 1 】

そこで、経路指定部 4 0 は、受信信号に含まれる受信パルスの波高値に基づいて、大腿部 T の皮膚表面を通る経路 b を特定する。例えば、図 2 に示す具体例において、上側 (Y 軸の正方向側) から順に各経路の受信信号に含まれる受信パルスの波高値が確認され、受信パルスの波高値が皮膚表面を判定する閾値 B 以下 (又は閾値 B より小) となる最初の経路 (最も上側の経路) が皮膚表面を通る経路 b として選択される。

30

【 0 0 4 2 】

なお、閾値 B は、固定値であってもよいし、水中のみを通る経路 (例えば経路 a) における受信パルスの波高値に基づいて設定されてもよいし、ユーザが適宜に調整できるようにしてもよい。また、波高値に代えて又は波高値と共に振幅値を利用して皮膚表面を通る経路 b が選択されてもよい。

【 0 0 4 3 】

図 3 (C) は、経路 c の受信信号を示している。経路 c は、大腿部 T の内部を通る経路であり (図 2 参照)、大腿部 T 内の組織 (筋肉組織や脂肪組織など) により超音波が減衰されるため、皮膚表面を通る経路 b の場合に比べて受信パルスの波高値 C が小さくなる。一般的に、経路内における大腿部 T 内を通る距離が大きくなるにつれて受信パルスの波高値が小さくなる傾向にある。

40

【 0 0 4 4 】

図 3 (D) は、経路 d の受信信号を示している。経路 d は、大腿部 T の内部にある骨 (大腿骨) を通る (図 2 参照)。骨は、他組織 (筋肉組織や脂肪組織など) との比較において音響インピーダンスが大きく異なり、骨に達した超音波は強く散乱する。その結果、骨を通る経路 d の受信信号に含まれる受信パルスの波高値と振幅は非常に小さくなる。

【 0 0 4 5 】

そこで、経路指定部 4 0 は、受信信号に含まれる受信パルスの波高値に基づいて、大腿部 T の骨に達した経路 d を特定する。例えば、図 2 に示す具体例において、上側 (Y 軸の

50

正方向側)から順に各経路の受信信号に含まれる受信パルスの波高値が確認され、受信パルスの波高値が骨に達したことを判定する閾値D以下(又は閾値Dより小)となる最初の経路(最も上側の経路)が骨に達した経路dとして選択される。

【0046】

そして、経路指定部40は、大腿部Tの皮膚表面を通る経路bと、大腿部Tの内部にある骨(大腿骨)に達した経路dを選択すると、経路bと経路dの中間に、音速を測定するための基準経路を指定する。例えば経路bからの距離と経路dからの距離が等しい経路、つまり、図2の具体例における経路cが基準経路として選択される。基準経路が指定されると、その基準経路において音速(超音波の伝播速度)が測定される。

【0047】

図4は、音速測定の実例を説明するための図である。図4(1)には、大腿部Tを対象部位とした測定(図2参照)において基準経路として指定された経路cとその周辺の部分拡大図が示されている。

【0048】

振動子間距離Lは、2つのアレイ振動子12, 13の距離である。振動子間距離Lは、例えば既知の設計値を利用することができる。また、水中のみを通る経路(例えば図2における経路a)における超音波の伝播時間と、水中における超音波の速度(音速)から、振動子間距離L(=音速×伝播時間)が算出されてもよい。

【0049】

水中距離W1, W2は、2つのアレイ振動子12, 13の各々が超音波を送受することにより測定される。例えば、アレイ振動子12の振動素子cが超音波を送波し、大腿部Tの皮膚表面から反射される超音波を同じ振動素子cが受波するまでの時間と、水中における超音波の速度(音速)から水中距離W1を算出することができる。同様に、アレイ振動子13の振動素子cが超音波を送波し、大腿部Tの皮膚表面から反射される超音波を同じ振動素子cが受波するまでの時間と、水中における超音波の速度(音速)から水中距離W2を算出することができる。

【0050】

そして、大腿部長Xは、振動子間距離Lから水中距離W1と水中距離W2を差し引いた値($X = L - W1 - W2$)となる。

【0051】

音速測定部50は、まず、経路c上において、アレイ振動子12の振動素子cから超音波の送信パルスが送波され、アレイ振動子13の振動素子cがその超音波の受信パルスを受波するまでの時間TLを測定する。アレイ振動子12の振動素子cから送信パルスが送波されタイミングは、トリガ発生部30から得られるトリガ信号の発生タイミングと同じ又はトリガ信号の発生タイミングから知ることができる。また、アレイ振動子13の振動素子cが受信パルスを受波したタイミングは、パルス検出部24が振動素子cの受信信号内において波高値がパルスとみなせる基準値(閾値)を超えた信号部分を検出したタイミングである。

【0052】

次に、音速測定部50は、2つの振動素子c間における超音波の伝播時間である時間TLから、水中距離W1の伝播時間T1と水中距離W2の伝播時間T2を差し引くことにより、大腿部Tの通過時間Tx($Tx = TL - T1 - T2$)を算出する。伝播時間T1は、アレイ振動子12の振動素子cが超音波を送波し、大腿部Tの皮膚表面から反射される超音波を同じ振動素子cが受波するまでの時間(往復時間)の半分である。また、伝播時間T2は、アレイ振動子13の振動素子cが超音波を送波し、大腿部Tの皮膚表面から反射される超音波を同じ振動素子cが受波するまでの時間(往復時間)の半分である。

【0053】

そして、音速測定部50は、大腿部長Xと通過時間Txから大腿部T内における超音波の伝播速度Vx($Vx = X / Tx$)、つまり大腿部T内における音速Vxを算出する。

【0054】

10

20

30

40

50

図4(1)に示すように、大腿部T内を通る経路c上には、筋肉以外の組織、例えば皮膚表面から筋肉までの皮膚組織や筋肉と筋肉の間にある筋膜組織などが含まれているが、筋肉が占める領域(経路c上における長さ)が支配的であるため、算出された大腿部T内における音速 V_x は、大腿部T内における筋肉組織の音速とみなすことができる。

【0055】

本願に係る発明者らの動物組織を利用した実験によれば、例えばセ氏25度程度から40度程度の範囲内においては、筋肉内における音速に比べて脂肪内における音速の方が低いことが確認された。したがって、人間(ヒト)の体温(セ氏37度程度)において、大腿部T内における音速(筋肉組織の音速) V_x が高い(大きい)ほど、大腿部T内の筋肉量が多く、大腿部T内における音速 V_x が低い(小さい)ほど、大腿部T内の脂肪量が多いことが推定できる。

10

【0056】

そこで、脂肪量演算部60は、音速測定部50において測定(算出)された大腿部T内における音速 V_x に基づいて、大腿部T内における脂肪量の指標値を算出する。例えば、音速 V_x の数値と脂肪量の数値との対応関係が、実験結果等により予め明らかにされていれば、音速 V_x の数値からその対応関係に基づいて脂肪量の数値を得ることができる。また、脂肪量の指標値として、音速 V_x がそのまま利用されてもよいし、脂肪量の多さ(少なさ)を段階的に示す指標(「大」「中」「小」など)が導出されてもよい。もちろん、脂肪量の指標値として、他組織との比較により得られる値(例えば体脂肪率など)が算出されてもよい。

20

【0057】

また、図4(2)に示すように、大腿部T内を通る複数の経路c($c_1 \sim c_n$)(n は2以上の自然数)が設定されてもよい。例えば、基準経路として指定された経路c(図4(1))の近傍に複数の経路 $c_1 \sim c_n$ が設定される。図4(2)の具体例では、基準経路として指定された経路cを中心として経路 $c_1 \sim c_5$ の5経路が設定されている。

【0058】

音速測定部50は、各経路 c_n ごとに大腿部T内における音速 V_x ($V_x = X / T_x$)を算出し、例えば複数の経路 $c_1 \sim c_n$ から得られる複数の音速 V_x の統計的な代表値(平均値、最大値、最小値など)を算出する。そして、脂肪量演算部60は、音速測定部50において測定(算出)された大腿部T内における音速 V_x の代表値に基づいて、大腿部T内における脂肪量の指標値を算出する。

30

【0059】

複数の経路 $c_1 \sim c_n$ から得られる複数の音速 V_x の代表値を利用することにより、例えば、大腿部Tの形状の相違に伴う測定のパラツキを小さくすることが可能になる。

【0060】

脂肪量演算部60において得られた脂肪量の指標値は、例えば、数値、文字、記号、グラフ等の表示形態で表示部70に表示される。

【0061】

なお、人の大腿部T内における脂肪量の指標値を得るにあたっては、水温制御部18により、水バッグ14内における水温が例えば人の体温に近い温度に制御されることが望ましい。具体的には、水バッグ14内における水温がセ氏36度程度から38度程度の範囲内に制御され、望ましくはセ氏37度が制御の目標温度とされる。

40

【0062】

図5は、大腿部Tの他の測定例を示す図である。図5には、大腿部Tの長手方向に沿って2つのアレイ振動子12, 13を配置して音速を測定する具体例が図示されている。

【0063】

図5の具体例において、アレイ振動子12, 13は共に1次元アレイ振動子である。アレイ振動子12, 13の各々は、大腿部Tの長手方向(Z軸方向)に1列に配列された複数の振動素子(超音波振動素子)で構成されている。

【0064】

50

2つのアレイ振動子12, 13は互いに平行な状態で相対的に位置関係を固定される。また、2つのアレイ振動子12, 13の互いに対応する振動素子が長手方向の同じ位置(Z軸方向の位置)に配置される。

【0065】

図5の具体例では、大腿部Tを間に挟んで2つのアレイ振動子12, 13が配置され、2つのアレイ振動子12, 13が相対的な位置関係を固定した状態で、振動子移動機構16により駆動されて、上下方向(Y軸方向)に移動する。

【0066】

図5の具体例では、2つのアレイ振動子12, 13を移動させながら、2つのアレイ振動子12, 13の間において、複数の経路に亘って各経路ごとに超音波が送受される。例えば、上側(Y軸の正方向側)から順に、段階的に2つのアレイ振動子12, 13の高さ(Y軸方向の座標)を変化させつつ、各高さにおいて、代表的な振動素子同士で超音波が送受される。例えば、各高さにおいて、送信用のアレイ振動子12の中心にある振動素子mから超音波が送波され、受信用のアレイ振動子13の中心にある振動素子mが超音波を受波する。

10

【0067】

これにより、各高さにおいて、送信用の振動素子mと受信用の振動素子mを結ぶ直線の経路が形成され、上側から順に複数の高さに対応した複数の経路が形成される。また、図2の具体例と同様に上側(Y軸の正方向側)から順に各経路の受信信号が取得される。

【0068】

さらに、図3を利用して説明した処理により、経路指定部40が、受信信号に含まれる受信パルスの波高値に基づいて、大腿部Tの皮膚表面を通る経路(高さ)と、大腿部Tの骨(大腿骨)を通る経路(高さ)を特定し、皮膚表面を通る経路と骨を通る経路の中間に音速を測定するための基準経路(測定の高さ)を指定する。測定の高さが指定されると、その高さ(図5のY軸方向の座標)において音速(超音波の伝播速度)が測定される。図5に示す測定例では、測定の高さにおける基準面内において、つまり基準経路を含む基準面内において、複数の測定経路で超音波が送受され、複数の測定経路を伝播した超音波の受信信号に基づいて、基準面内の注目箇所における音速の測定データが導出される。

20

【0069】

なお、図5に示す測定例においては、2つのアレイ振動子12, 13の間に設けられた水バッグ14(図1参照)が利用されてもよいし、例えば2つのアレイ振動子12, 13と大腿部Tを水槽内に入れて水槽内の水が超音波の媒体として利用されてもよい。もちろん、水に代えて他の媒体が利用されてもよい。

30

【0070】

図6は、複数の測定経路に基づく測定の具体例を示す図である。図6に示す大腿部Tは図5の具体例において指定された測定の高さにおける大腿部Tの縦断面である。また、図6に示す2つのアレイ振動子12, 13は、図5の具体例において指定された測定の高さに配置されている。

【0071】

図6の具体例では、送信用のアレイ振動子12を構成する複数の振動素子から、各振動素子ごとに順に大腿部Tに向けて超音波が送波され、各振動素子(送信用振動素子)ごとに、受信用のアレイ振動子13を構成する複数の振動素子により受信信号が取得される。例えば、図6に示すように、アレイ振動子12の1つの振動素子から超音波が送波され、アレイ振動子13の全ての振動素子において受信信号が取得される。そして、アレイ振動子12の全ての振動素子について、各振動素子ごとに超音波が送波され、アレイ振動子13の全ての振動素子において受信信号が取得される。

40

【0072】

こうして、図6に示すように、大腿部Tの縦断面(基準面に対応する)内の複数の測定経路において受信信号が取得され、例えば各経路ごとに音速の測定データが導出される。さらに、複数の測定経路で得られた複数の測定データに基づいて、大腿部Tの縦断面(基

50

準面)内の注目箇所における測定データが導出されてもよい。

【0073】

例えば、CT演算(CT画像再構成)の原理を利用して、複数の測定経路で得られた複数の測定データに基づいて、大腿部Tの縦断面内における音速(測定データ)の分布が導出されてもよい。なお、CT演算において、例えば、参考文献(WO2013105583 A1)に開示されるように、代数再構成法(ART)、同時代数再構成法(SART)またはオーダサブセット同時代数再構成法(OS-SART)などの逐次近似法(IR)が利用されてもよい。

【0074】

図7は、複数の測定経路に基づく測定の手順を示すフローチャートである。まず、2つのアレイ振動子12, 13が被検者の大腿部に配置され(S701)、水バッグ14の温度制御が開始される(S702)。

10

【0075】

そして、2つのアレイ振動子12, 13を上下方向に移動させつつ複数の経路において受信信号が取得され、複数の経路の受信信号に基づいて、大腿部の皮膚表面と骨の位置(高さ)が検出される(S703:図5参照)。さらに、大腿部の皮膚表面と骨の位置に応じて測定の高さ(基準面)が指定され、その測定の高さに2つのアレイ振動子12, 13が移動される(S704:図6参照)。

【0076】

次に、送信用のアレイ振動子12が備える振動素子n(素子番号n)により送信パルスが送信され(S705)、受信用のアレイ振動子13が備える振動素子m(素子番号m)により受信信号が取得される(S706)。なお、nとmは共に初期値が1の自然数である。そして、送信用の振動素子nと受信用の振動素子mとを結ぶ経路(n, m)における音速の測定データが導出される(S707:図4参照)。

20

【0077】

次に、受信用の素子番号mが最終番号か否かが確認される(S708)。図7に示す具体例では、受信用の振動素子数が64個であり、素子番号mが64か否かが確認される。受信用の素子番号mが64でなければ、素子番号mに1が加えられ($m = m + 1$)、S705の処理に戻る。こうして、受信用の素子番号mが64に達するまで、S705からS707の処理が繰り返される。これにより、送信用の1個の振動素子nと受信用の全振動素子m(64個)とを組み合わせ得られる64個の経路における音速が測定される。

30

【0078】

S708において素子番号mが64に達したことが確認されると、送信用の素子番号nが最終番号か否かが確認される(S709)。図7に示す具体例では、送信用の振動素子数も64個であり、素子番号nが64か否かが確認される。送信用の素子番号nが64でなければ、素子番号nに1が加えられ($n = n + 1$)、S705の処理に戻る。そして、送信用の素子番号nが64に達するまで、S705からS709の処理が繰り返される。

【0079】

こうして、S708における分岐とS709における分岐により処理が繰り返されることにより、送信用の64個の振動素子nと受信用の64個の振動素子mの全組み合わせに対応した全経路(64×64個の経路)における音速の測定データが取得される。

40

【0080】

そして、全経路に対応した音速の測定データに基づいて、例えばCT演算の原理を利用して大腿部の縦断面(図6参照)内の注目箇所における音速が導出される(S710)。なお、S710において、大腿部の縦断面内における音速(測定データ)の二次元的な分布が導出されてもよい。

【0081】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、上述した実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明は、その本質を逸脱しない範囲で各種の変形形態を包含する。

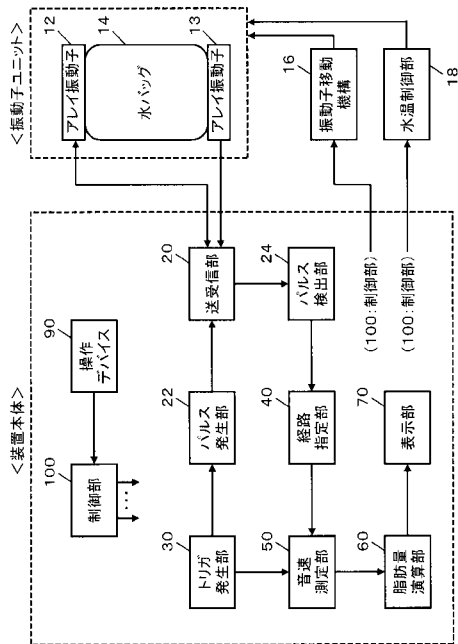
50

【符号の説明】

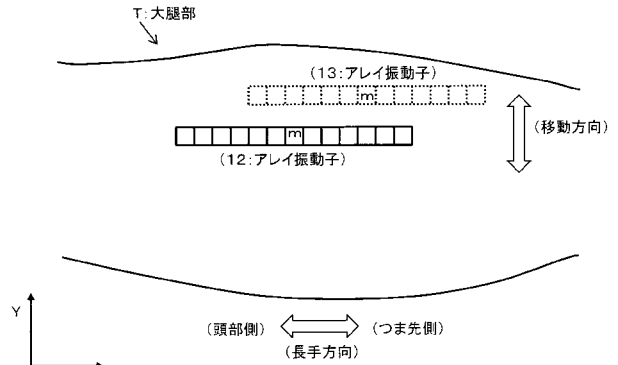
【0082】

12, 13 アレイ振動子、14 水バッグ、16 振動子移動機構、18 水温制御部、20 送受信部、22 パルス発生部、24 パルス検出部、30 トリガ発生部、40 経路指定部、50 音速測定部、60 脂肪量演算部、70 表示部、90 操作デバイス、100 制御部。

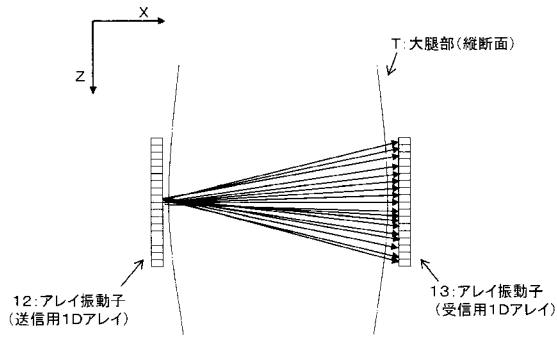
【図1】



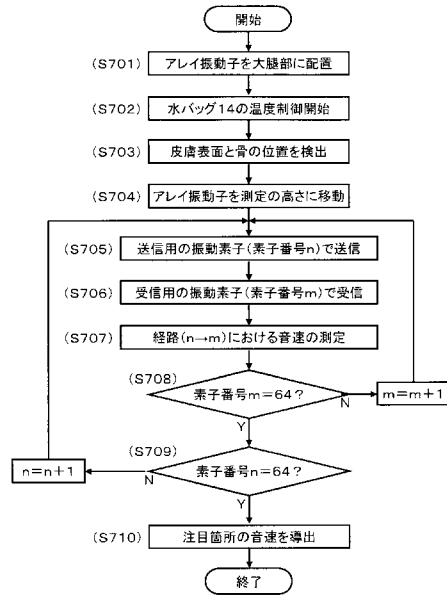
【図5】



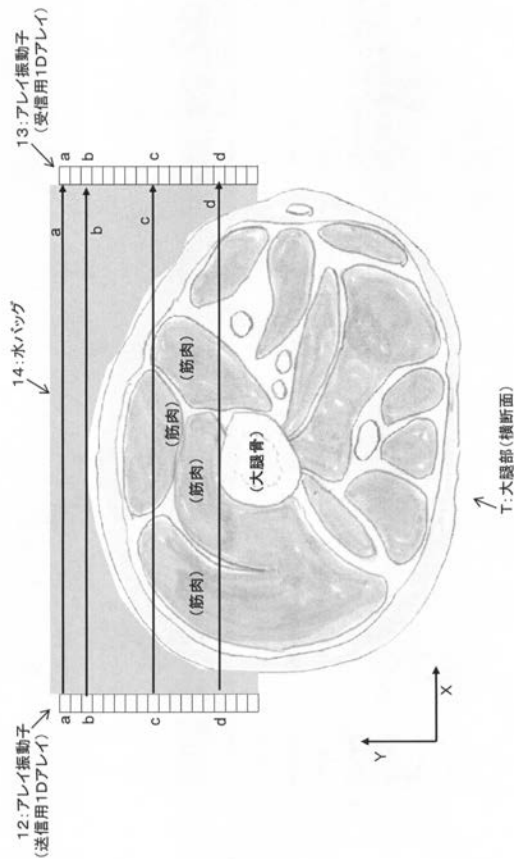
【 図 6 】



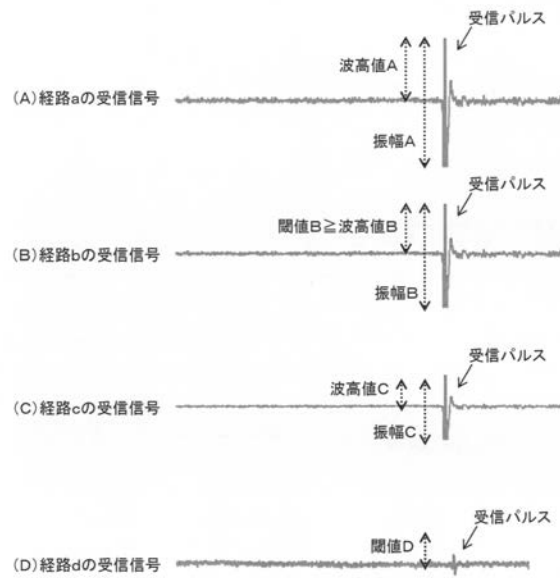
【 図 7 】



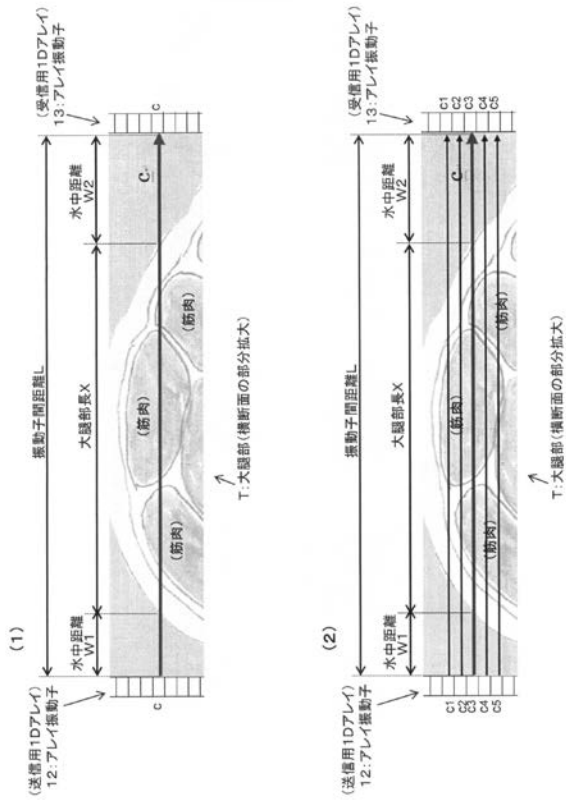
【 図 2 】



【 図 3 】



【図 4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C601 DD02 DD20 DE17 EE09 GA01 GC10 GC14 GC27 JB36 JB40
JB50 KK31

专利名称(译)	超声波测定装置		
公开(公告)号	JP2017018478A	公开(公告)日	2017-01-26
申请号	JP2015140600	申请日	2015-07-14
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人 东京大学 株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	东京大学 株式会社日立制作所		
[标]发明人	東隆 射谷和徳		
发明人	東隆 射谷和徳		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/15		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/15 A61B8/00 G01B17/02.Z G01N29/07		
F-TERM分类号	4C601/DD02 4C601/DD20 4C601/DE17 4C601/EE09 4C601/GA01 4C601/GC10 4C601/GC14 4C601/GC27 4C601/JB36 4C601/JB40 4C601/JB50 4C601/KK31		
其他公开文献	JP6633854B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明增强了使用超声波获得的脂肪量的指数值的精度。用于多个领域中，包括目标网站的搜索路径的每个搜索路径的超声波的发送和接收。路由单元40，基于该超声波接收信号传播通过多个搜索到的路线中的每一个搜索路径，并指定作为在靶部位进行测量的基准的参考路径。声速测量单元50获得的基础上，通过所述参考路径传播的超声波接收信号的对象区域声速的测量数据。然后，脂肪量计算部60，以得到的脂肪量的索引值在所述目标站点的测得数据的声音的速度的基础上。

