

(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2012-175992

(P2012-175992A)

(43) 公開日 平成24年9月13日(2012.9.13)

(51) Int.Cl.
A61B 5/05 (2006.01)

F I
A61B 5/05 B

テーマコード(参考)
4C027

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-39259(P2011-39259)
(22) 出願日 平成23年2月25日(2011.2.25)

(71) 出願人 000133179
株式会社タニタ
東京都板橋区前野町1丁目14番2号
(74) 代理人 100125689
弁理士 大林 章
(74) 代理人 100125335
弁理士 矢代 仁
(72) 発明者 笠原 靖弘
東京都板橋区前野町1丁目14番2号 株式会社タニタ内
(72) 発明者 酒井 良雄
東京都板橋区前野町1丁目14番2号 株式会社タニタ内

最終頁に続く

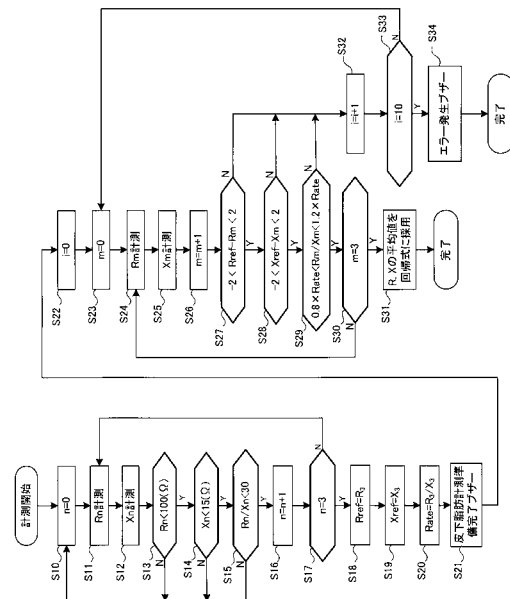
(54) 【発明の名称】 体組成計

(57) 【要約】

【課題】電極の押し当てによって生じる組織の変形を最小限に抑えて皮下脂肪厚を精度良く測定する。

【解決手段】レジスタンスRが100未満(S13)、リアクタンスXが15未満(S14)、およびR/Xが30未満(S15)の状態が3回続いた時に3回目の各計測値を基準値とする(S18~S20)。基準値からのそれぞれの変動量、変動率が所定の適正值の範囲内(S27~S29)の状態が3回続いた時に(S30)、レジスタンスRとリアクタンスXの平均値を用いて皮下脂肪厚を算出する(S31)。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各々が、人体に接触させて測定を行うための測定電極である、第 1 の電圧測定用電極および第 2 の電圧測定用電極と、前記第 1 および第 2 の電圧測定用電極の間に配置される第 1 の電流印加用電極および第 2 の電流印加用電極と、

前記第 1 の電流印加用電極と前記第 2 の電流印加用電極との間を流れる交流電流を出力する電流発生部と、

前記第 1 の電圧測定用電極と前記第 2 の電圧測定用電極との間の電圧を測定する電圧測定部と、

前記測定電極が人体に接触したときに、前記第 1 の電流印加用電極および前記第 2 の電流印加用電極のうちの何れか一方の電極から人体を介して他方の電極へ至る電流経路を流れる電流と、前記電圧測定部にて測定される電圧との位相差に基づいて、前記第 1 の電流印加用電極と前記第 2 の電流印加用電極との間における体組成に関する指標を求める体組成測定部と、を備え、

前記体組成測定部は、前記電流経路を流れる電流と前記電圧測定部にて測定される電圧とから算出されるインピーダンスと、前記位相差と、から求められるリアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つについて、測定開始からの適宜の時点で基準値を求め、前記基準値からの変動が所定の適正值の範囲内である場合の測定値を用いて前記体組成に関する指標を求める、

ことを特徴とする体組成計。

【請求項 2】

前記体組成測定部は、前記リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つが、所定値以内である場合に、前記各電極が人体に接触したと判断して、前記体組成に関する指標の測定を開始する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の体組成計。

【請求項 3】

前記体組成測定部は、前記各電極が人体に接触したと判断した場合に、前記リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値を前記基準値として設定する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の体組成計。

【請求項 4】

前記体組成測定部は、前記各電極が人体に接触したと判断して、前記体組成に関する指標の測定を開始した後に、前記リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値を前記基準値として設定する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の体組成計。

【請求項 5】

前記体組成測定部は、前記リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値の一つを前記基準値として設定する、

ことを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の体組成計。

【請求項 6】

前記体組成測定部は、前記リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値の平均値を前記基準値として設定する、

ことを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の体組成計。

【請求項 7】

前記体組成測定部は、前記基準値からの変動量が所定の適正值の範囲内である場合の測

10

20

30

40

50

定値を用いて前記体組成に関する指標を求め、

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一に記載の体組成計。

【請求項 8】

前記体組成測定部は、前記基準値からの変動率が所定の適正值の範囲内である場合の測定値を用いて前記体組成に関する指標を求め、

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一に記載の体組成計。

【請求項 9】

前記体組成測定部は、前記体組成に関する指標として前記第 1 の電流印加用電極と前記第 2 の電流印加用電極との間における皮下脂肪厚を求めることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか一に記載の体組成計。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人体の皮下脂肪の厚みなどの体組成に関する指標を測定するための体組成計に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、手や足に測定電極を接触させて測定されるインピーダンスに基づいて、人体の皮下脂肪厚を測定するという技術が知られている（例えば特許文献 1 参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 178697 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 のような測定の方法では、測定器を押し当てる力によって、皮下脂肪が変形してしまうため、インピーダンスが変化し、皮下脂肪厚を正確に測定することは困難であるという問題があった。

30

以上の事情に鑑みて、本発明は、皮下脂肪厚などの体組成に関する指標を精度良く測定するという課題の解決を目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するために、本発明に係る体組成計は、各々が、人体に接触させて測定を行うための測定電極（図 1 に示す第 1 測定電極 12）である、第 1 の電圧測定用電極および第 2 の電圧測定用電極と、前記第 1 および第 2 の電圧測定用電極の間に配置される第 1 の電流印加用電極および第 2 の電流印加用電極と、前記第 1 の電流印加用電極と前記第 2 の電流印加用電極との間を流れる交流電流を出力する電流発生部（図 2 に示す第 1 電流発生部 28）と、前記第 1 の電圧測定用電極と前記第 2 の電圧測定用電極との間の電圧を測定する電圧測定部（図 2 に示す第 1 電圧測定部 30）と、前記測定電極が人体に接触したときに、前記第 1 の電流印加用電極および前記第 2 の電流印加用電極のうちの何れか一方の電極から人体を介して他方の電極へ至る電流経路を流れる電流と、前記電圧測定部にて測定される電圧との位相差に基づいて、前記第 1 の電流印加用電極と前記第 2 の電流印加用電極との間における体組成に関する指標を求める体組成測定部（図 2 に示す制御部 44）と、を備え、前記体組成測定部は、前記電流経路を流れる電流と前記電圧測定部にて測定される電圧とから算出されるインピーダンスと、前記位相差と、から求められるリアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、前記リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つについて、測定開始からの適宜の時点で基準値を求め（図 10 に示す S18 ~ S20）、前記基準値からの変動が所定の適正值の範囲内である場合の

40

50

測定値を用いて前記体組成に関する指標を求める（図10に示すS31）。

【0006】

この態様においては、脂肪層と筋肉層とでは位相差の生じ方に違いがあることに着目し、測定電極が人体に接触したときに、第1の電流印加用電極および第2の電流印加用電極のうちの何れか一方の電極から人体を介して他方の電極へ至る電流経路を流れる電流と、電圧測定部にて測定される電圧との位相差に基づいて、人体のうち測定電極が接触した部位における体組成に関する指標を求めている。より具体的には、体組成測定部は、電流経路を流れる電流と電圧測定部にて測定された電圧とから算出されるインピーダンスと、位相差と、から求められるリアクタンス（インピーダンスの虚数部）およびレジスタンス（インピーダンスの実数部）に基づいて、体組成に関する指標を求める。

10

【0007】

各電極の人体への押し圧によって変化すると、生体軟部組織が変化し、それに伴ってリアクタンスおよびレジスタンスも変化する。しかし、本発明の前記皮下脂肪厚測定部は、リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、リアクタンスとレジスタンスとの比の少なくともいずれか一つについて、測定開始からの適宜の時点で基準値を求める。そして、前記基準値からの変動が所定の適正值の範囲内である場合の測定値を用いて体組成に関する指標を求める。従って、電極の押し当てによって生じる組織の変形を最小限に抑えて皮下脂肪厚を精度良く測定する。

【0008】

また、体組成測定部は、リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、リアクタンスとレジスタンスとの比の少なくともいずれか一つが、所定値以内である場合に各電極が人体に接触したと判断して、体組成に関する指標の測定を開始することもできる。

20

【0009】

さらに、体組成測定部は、各電極が人体に接触したと判断した場合に、リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、リアクタンスとレジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値を基準値として設定することもできる。

【0010】

体組成測定部は、各電極が人体に接触したと判断して、体組成に関する指標の測定を開始した後に、リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、リアクタンスとレジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値を基準値として設定することもできる。

30

【0011】

体組成測定部は、リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、リアクタンスとレジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値の一つを基準値として設定することもできる。

【0012】

体組成測定部は、リアクタンス、または、レジスタンス、あるいは、リアクタンスと前記レジスタンスとの比の少なくともいずれか一つの測定値の平均値を基準値として設定することもできる。

【0013】

体組成測定部は、基準値からの変動量が所定の適正值の範囲内である場合の測定値を用いて体組成に関する指標を求めることもできる。

40

【0014】

体組成測定部は、基準値からの変動率が所定の適正值の範囲内である場合の測定値を用いて体組成に関する指標を求めることもできる。

【0015】

また、体組成測定部は、前記体組成に関する指標として前記第1の電流印加用電極と前記第2の電流印加用電極との間における皮下脂肪厚を求めるものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置の外観を示す図である。

50

【図 2】同実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置の詳細な構成を示すブロック図である。

【図 3】同実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置の動作を示すフローチャートである。

【図 4】人体の組織の概略図である。

【図 5】人体の組織の等価回路を示す図である。

【図 6】交流電流が人体を流れるときの様子を示す模式図である。

【図 7】筋肉層および脂肪層の等価回路を示す図である。

【図 8】超音波装置および測定電極の押し圧を変化させた場合の皮下脂肪厚の変化率の変動を示す図である。

【図 9】超音波装置および測定電極の押し圧を変化させた場合の皮下脂肪厚の変化率の変動を示す図である。

【図 10】本実施形態の皮下脂肪厚測定方法を示すフローチャートである。

【図 11】測定電極の一部が計測対象の生体軟部組織から離れている状態を示す図である。

【図 12】測定電極の全てが計測対象の生体軟部組織に接触している状態を示す図である。

【図 13】本発明の変形例 1 に係る皮下脂肪厚測定方法を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の変形例 4 に係る皮下脂肪厚測定方法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】

【0017】

< A : 構成 >

図 1 は、本実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置 100 の外観を示す図である。本実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置 100 は、被測定者の皮下脂肪厚を測定する機能だけでなく、公知の方法により被測定者の体重、体脂肪率および体脂肪量などの肥満に関する情報を測定する機能も備えている。図 1 に示すように、皮下脂肪厚測定装置 100 は、把持ユニット 10 と載台ユニット 20 とを備える。把持ユニット 10 は、ケーブル 200 を介して載台ユニット 20 と接続されており、その先端の面には、人体に接触させて皮下脂肪厚の測定を行うための第 1 測定電極 12 (12 a , 12 b , 12 c , 12 d) が配置されている。

【0018】

第 1 測定電極 12 は、第 1 の電流印加用電極 12 a、第 2 の電流印加用電極 12 b、第 1 の電圧測定用電極 12 c および第 2 の電圧測定用電極 12 d を含む。第 1 の電流印加用電極 12 a および第 2 の電流印加用電極 12 b は、第 1 の電圧測定用電極 12 c と第 2 の電圧測定用電極 12 d との間に挟まれるようにして配置される。また、第 1 の電圧測定用電極 12 c は、第 1 の電流印加用電極 12 a に隣り合うように配置され、第 2 の電圧測定用電極 12 d は第 2 の電流印加用電極 12 b に隣り合うように配置される。より具体的には、第 1 測定電極 12 (12 a , 12 b , 12 c , 12 d) は、把持ユニット 10 の先端の面において Y 方向に沿って配列され、第 1 の電圧測定用電極 12 c は、第 1 の電流印加用電極 12 a から見て Y 方向の負側に隣り合うように配置され、第 2 の電圧測定用電極 12 d は第 2 の電流印加用電極 12 b から見て Y 方向の正側に隣り合うように配置される。

【0019】

第 1 の電流印加用電極 12 a と第 2 の電流印加用電極 12 b との間の Y 方向における距離 L は、第 1 の電圧測定用電極 12 c における Y 方向の幅 W と、第 2 の電圧測定用電極 12 d における Y 方向の幅 W との和よりも小さくなるように値に設定されている。本実施形態では、各測定電極の寸法は同じ値に設定されており、第 1 の電圧測定用電極 12 c における Y 方向の幅 W と、第 2 の電圧測定用電極 12 d における Y 方向の幅 W とは同じ値である (つまり $L < 2W$) 。また、本実施形態では、各測定電極間の Y 方向の距離は等しくなるように設定されており、その値は、ひとつの測定電極における Y 方向の幅 W の値に等しい (つまり $L = W$) 。ここでは、ひとつの測定電極における Y 方向の幅 W の値は 5 mm に設定されている。

【0020】

載台ユニット 20 は、外観上に、表示部 22 と、入力部 (26 a , 26 b , 26 c , 26 d

10

20

30

40

50

)と、第2測定電極23(23a, 23b, 23c, 23d)とを備える。第2測定電極23は、被測定者の足に接触させて被測定者の体脂肪率の測定を行うための電極である。第2測定電極23は、第3の電流印加用電極23a、第4の電流印加用電極23b、第3の電圧測定用電極23cおよび第4の電圧測定用電極23dを含む。第3の電流印加用電極23aと第4の電流印加用電極23bとは、互いにX方向に離れた位置に配置される。より具体的には、第3の電流印加用電極23aは被測定者の左足が載せられる位置に対応して配置され、第4の電流印加用電極23bは被測定者の右足が載せられる位置に対応して配置される。また、第3の電圧測定用電極23cは、第3の電流印加用電極23aから見てY方向の正側に隣り合うように配置され、被測定者の左足が載せられる位置に対応して配置される。第4の電圧測定用電極23dは、第4の電流印加用電極23bから見てY方向の正側に隣り合うように配置され、被測定者の右足が載せられる位置に対応して配置される。

【0021】

入力部(26a, 26b, 26c, 26d)は、設定キー26aと、アップキー26bと、ダウンキー26cと、スタートキー26dとを含む。ここで、アップキー26bおよびダウンキー26cは、情報の選択や数値の切り替えを行い、設定キー26aは、選択した情報や切り替えた数値の設定をする。スタートキー26dは、一連の測定のために載台ユニット20に対して電力供給を開始させるための手段である。なお、載台ユニット20の詳細な構成については後述する。

【0022】

図2は、本実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置100の詳細な構成を示すブロック図である。図2に示すように、載台ユニット20は、前述の表示部22、第2測定電極23および入力部26の他、第1電流発生部28と、第1電圧測定部30と、第2電流発生部32と、第2電圧測定部34と、重量測定部36と、電源部38と、メモリ42と、制御部44とを備える。

【0023】

第1電流発生部28は、把持ユニット10における第1の電流印加用電極12aと第2の電流印加用電極12bとの間に流れる交流電流を出力する手段である。本実施形態では、第1電流発生部28から出力される交流電流の周波数は50kHzに設定される(後述の第2電流発生部32から出力される交流電流も同様)。第1電圧測定部30は、第1の電圧測定用電極12cと第2の電圧測定用電極12dとの間の電圧を測定する手段である。第2電流発生部32は、第3の電流印加用電極23aと第4の電流印加用電極23bとの間に流れる交流電流を出力する手段である。第2電圧測定部34は、第3の電圧測定用電極23cと第4の電圧測定用電極23dとの間の電圧を測定する手段である。重量測定部36は、載台ユニット20に乗った被測定者の重量を測定して重量データを出力する手段である。電源部38は、載台ユニット20の電気系統各部に電力を供給する手段である。メモリ42は、被測定者の体脂肪率、体脂肪量、皮下脂肪厚、内臓脂肪面積、内臓脂肪量、皮下脂肪面積、皮下脂肪量などを演算するための各種の演算式、入力部26によって入力される身体特定情報(性別、身長、年齢など)や結果情報などを記憶する手段である。プザー43は、皮下脂肪厚の計測時において、計測準備完了やエラー状態の発生を知らせる手段である。制御部44は、各種の制御処理を実行する手段である。

【0024】

< B: 皮下脂肪厚測定装置の動作 >

次に、皮下脂肪厚測定装置100の動作について説明する。本実施形態では、被測定者は、把持ユニット10を持って載台ユニット20の第2測定電極23に素足で乗った後、自身の体のうち皮下脂肪厚を測定しようとする部位に把持ユニット10の先端部を押し当てる。そして、各種の測定結果(皮下脂肪厚等)が表示部22に表示される。以下、図3を参照しながら、その具体的な内容について説明する。図3は、本実施形態に係る皮下脂肪厚測定装置100の具体的な動作を示すフローチャートである。

【0025】

まず、被測定者によってスタートキー26dがオンされると(ステップS1)、電源部3

10

20

30

40

50

8からの電源供給が開始され、皮下脂肪厚測定装置100は測定モードになる。なお、スタートキー26dがオンされていない状態で(電源オフのとき)、設定キー26aがオンされると設定モードになり、身体特定情報の設定が可能になる。このとき、表示部22に表示された性別、身長、年齢の何れかの位置にカーソルが出現し、被測定者が、アップキー26b、ダウンキー26c、設定キー26aを操作することにより、これらの情報や数値の切り替えや設定を行うことができる。このようにして設定された身体特定情報はメモリ42に保存される。過去に身体特定情報の設定を行っていない場合は新規登録となり、過去に身体特定情報の設定を行っている場合は更新登録となる。

【0026】

次に、被測定者が載台ユニット20に乗ると、制御部44は、被測定者の体重を測定する(ステップS2)。

10

【0027】

より具体的には以下のとおりである。被測定者が載台ユニット20に乗ると、重量測定部36は被測定者の重量に応じた重量データを出力する。制御部44は、重量測定部36から出力された重量データから被測定者の体重を求め、その値をメモリ42に保存する。

【0028】

続いて、制御部44は、被測定者の体脂肪率および体脂肪量を測定する(ステップS3)。より具体的には以下のとおりである。いま、被測定者の左足の裏は第3の電流印加用電極23aおよび第3の電圧測定用電極23cに接触している。また、右足の裏は第4の電流印加用電極23bおよび第4の電圧測定用電極23dに接触している。これにより、第3の電流印加用電極23aおよび第4の電流印加用電極23bのうちの何れか一方の電極から被測定者を介して他方の電極へ至る電流経路が形成される。そして、当該電流経路には、第2電流発生部32から出力される交流電流が流れる。このとき、制御部44は、当該電流経路を流れる電流の値と、第2電圧測定部34によって測定される電圧の値とから被測定者の両脚間のインピーダンスを求め、その結果をメモリ42に保存する。

20

【0029】

そして、制御部44は、被測定者の体重、両脚間のインピーダンス、性別、身長および年齢を、メモリ42に保存されている体脂肪率の演算式に代入することで、体脂肪率を求める。体脂肪率の演算式は、以下の式(1)で表される。

$$fp = \alpha \times Z1e50 + \beta \times \text{体重} + \gamma \times \text{身長} + \delta \times \text{年齢} + \epsilon \times \text{性別} + \dots \quad (1)$$

30

上記式(1)において、fpは体脂肪率、Z1e50は両脚間のインピーダンス、 $\alpha \sim \epsilon$ は定数である。

【0030】

また、制御部44は、上記式(1)から求めた体脂肪率fpと被測定者の体重とを、メモリ42に保存されている体脂肪量の演算式に代入することで、体脂肪量を求める。体脂肪量の演算式は、以下の式(2)で表される。

$$fa = fp \times \text{体重} \quad \dots \quad (2)$$

上記式(2)において、faは体脂肪量である。

以上のように、制御部44は、重量測定部36から出力された重量データに基づいて被測定者の体重を求める。また、制御部44は、そのようにして求めた体重と、第2測定電極23と第2電流発生部32と第2電圧測定部34とを用いて測定したインピーダンスとに基づいて、体脂肪率fpおよび体脂肪量faを求める。すなわち、制御部44、重量測定部36、第2測定電極23、第2電流発生部32および第2電圧測定部34は、被測定者の肥満に関する情報(例えば体重、体脂肪率fpおよび体脂肪量fa)を測定する肥満情報測定部として機能する。

40

【0031】

次に、被測定者が、自身の体のうち皮下脂肪厚を測定しようとする部位に把持ユニット10の先端部を押し当てると、制御部44は、被測定者の体のうち第1測定電極12(12a, 12b, 12c, 12d)が接触する部位における皮下脂肪厚を測定する(ステップS4)。より具体的には、第1測定電極12(12a, 12b, 12c, 12d)が被測定者に接

50

触すると、第1の電流印加用電極12aおよび第2の電流印加用電極12bのうちの何れか一方の電極から被測定者を介して他方の電極へ至る電流経路が形成される。そして、当該電流経路には、第1電流発生部28から出力される交流電流が流れる。制御部44は、当該電流経路を流れる電流と、第1電圧測定部30にて測定される電圧との位相差に基づいて、第1の電流印加用電極12aと第2の電流印加用電極12bとの間における皮下脂肪厚を求める。

【0032】

ここで、第1電流発生部28から出力される交流電流が被測定者の筋肉層を流れるときに生じる位相差と、脂肪層を流れるときに生じる位相差との違いについて詳細に説明する。図4に示すように、人体の組織(筋肉組織および脂肪組織)は、各々が細胞内液50を含有する複数の細胞膜52と、各細胞膜52間に介在する細胞外液54とを有する。細胞膜52の容量成分を C_m 、細胞内液50の抵抗成分を R_i 、細胞外液54の抵抗成分を R_e とすると、筋肉組織および脂肪組織は、図5に示す等価回路で表すことができる。

10

【0033】

脂肪組織においては、細胞膜52内に細胞内液50が殆ど含有されていないため、細胞内液50の抵抗 R_i の値は、細胞外液54の抵抗 R_e の値に比べて非常に大きい値となる($R_e \ll R_i$)。このため、第1電流発生部28から出力される交流電流が脂肪組織を流れると、その電流の大部分は細胞外液の抵抗成分 R_e を流れるから、当該電流と第1電圧測定部30にて測定される電圧との位相差は殆ど生じない。一方、筋肉組織においては、細胞膜52内に細胞内液50が含有されているから、第1電流発生部28から出力される交流電流が筋肉組織を流れると、その電流は細胞外液の抵抗成分 R_e だけでなく、細胞膜52の容量成分 C_m および細胞内液50の抵抗成分 R_i を流れる。したがって、第1電流発生部28から出力される交流電流と第1電圧測定部30にて測定される電圧との間には位相差が生じる。

20

【0034】

すなわち、筋肉層は位相差を生じさせやすいという性質を有する一方、脂肪層は位相差を生じさせにくいという性質を有するから、皮下脂肪厚が大きいほど脂肪層の性質が支配的となって位相差は小さくなる一方、皮下脂肪厚が小さいほど筋肉層の性質が支配的となって位相差は大きくなる傾向を示す。本実施形態では、このことを利用して皮下脂肪厚を測定する。

30

【0035】

より具体的には、以下のとおりである。制御部44は、第1測定電極12(12a, 12b, 12c, 12d)が人体に接触したときに、第1電流発生部28から出力される電流と、第1電圧測定部30にて測定される電圧とから、両者の位相差を求めるとともに、インピーダンスを算出する。さらに、制御部44は、位相差とインピーダンスとから、インピーダンスの実数部分であるレジスタンス R と、インピーダンスの虚数部分であるリアクタンス X とを求めたうえで、リアクタンス X とレジスタンス R との比である R/X を求める。位相差が小さいほどレジスタンス R に対するリアクタンス X の割合は小さくなる一方、位相差が大きいほどレジスタンス R に対するリアクタンス X の割合は大きくなる。そして、制御部44は、求めた R/X の値に対応する皮下脂肪厚を決定する。

40

【0036】

ここで、上述の R/X と、皮下脂肪厚との関係について説明する。図6は、第1測定電極12が被測定者に接触したときに、第1電流発生部28から出力される交流電流が被測定者の脂肪層および筋肉層を流れるときの様子を模式的に示した図である。図6に示す斜線部分は交流電流の電流経路を示す。また、図6に示す L_f は、脂肪層の厚み(皮下脂肪厚)である。図7は、このときの脂肪層および筋肉層の等価回路を示す図である。図7に示す R_f は、脂肪層の抵抗成分である。前述したように、脂肪層においては容量成分を殆ど無視することができる。また、 Z_m は筋肉層に相当する部分を示し、 R_j は筋肉層の細胞外液54の抵抗成分を示し、 R_k は筋肉層の細胞内液50の抵抗成分を示し、 C_l は筋肉層の細胞膜52の容量成分を示す。このとき、被測定者の体のうち測定電極が接触する部位におけ

50

るリアクタンス X とレジスタンス R との比である R/X は、以下の式(3)で表される。

$$R/X = -CIRk - \{(CIRk)^2 + 1\} / (CIRj) - \{(CIRk)^2 + 1\} / (CIRf) \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

また、脂肪層の抵抗成分 R_f は皮下脂肪厚 L_f に反比例するため、両者の関係は以下の式(4)で表される。

$$R_f = k / L_f \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

上記式(4)において k は定数である。

【0037】

上述の式(3)および式(4)から、皮下脂肪厚 L_f は以下の式(5)で表される。

$$L_f = -CIRk / \{(CIRk)^2 + 1\} \times [(CIRk) + \{(CIRk)^2 + 1\} / (CIRj) + R/X] \\ = -a - b \times R/X \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

10

上記式(5)において a および b は定数である。上記式(5)からも理解されるように、皮下脂肪厚 L_f と R/X とは比例関係にある。つまり、皮下脂肪厚 L_f が大きいほど脂肪層の性質が支配的となって位相差は小さくなるから、レジスタンス R に対するリアクタンス X の割合が小さくなり(R/X の値は大きくなる)、皮下脂肪厚 L_f が小さいほど筋肉層の性質が支配的となって位相差が大きくなるから、レジスタンス R に対するリアクタンス X の割合は大きくなる(R/X の値は小さくなる)ことが分かる。

【0038】

本実施形態では、上記式(5)は予めメモリ42に保存されている。そして、制御部44は、先に求めた R/X の値を、メモリ42に保存されている皮下脂肪厚の演算式(上述の式(5))に代入することで、皮下脂肪厚 L_f の値を決定する。

20

【0039】

次に、制御部44は、被測定者の体組成に関する指標の演算を実行する(図3のステップS5)。本実施形態では、「体組成に関する指標」として、内臓脂肪面積、内臓脂肪量、皮下脂肪面積、皮下脂肪量が該当する。以下、その具体的な内容について説明する。

【0040】

制御部44は、先に求めた被測定者の皮下脂肪厚 L_f および体脂肪量 f_a の各々を、メモリ42に保存されている内臓脂肪面積の演算式に代入することで、内臓脂肪面積を求める。内臓脂肪面積の演算式は、以下の式(6)で表される。

$$\text{内臓脂肪面積} = -c + (d \times f_a) + (e \times L_f) \quad \cdot \cdot \cdot (6)$$

30

上記式(6)において、 $c \sim e$ は定数である。

【0041】

また、制御部44は、被測定者の皮下脂肪厚 L_f 、体脂肪量 f_a 、メモリ42に保存された被測定者の身長 h の各々を、メモリ42に保存されている内臓脂肪量の演算式に代入することで、内臓脂肪量を求める。内臓脂肪量の演算式は、以下の式(7)で表される。

$$\text{内臓脂肪量} = f + (g \times f_a) + (h \times \text{身長}) - (i \times L_f) \quad \cdot \cdot \cdot (7)$$

上記式(7)において、 $f \sim i$ は定数である。

【0042】

また、制御部44は、被測定者の皮下脂肪厚 L_f および体脂肪量 f_a の各々を、メモリ42に保存されている皮下脂肪面積の演算式に代入することで、皮下脂肪面積を求める。皮下脂肪面積の演算式は、以下の式(8)で表される。

40

$$\text{皮下脂肪面積} = j + (k \times f_a) + (l \times L_f) \quad \cdot \cdot \cdot (8)$$

上記式(7)において、 $j \sim l$ は定数である。

【0043】

さらに、制御部44は、被測定者の皮下脂肪厚 L_f 、体脂肪量 f_a および身長 h の各々を、メモリ42に保存されている皮下脂肪量の演算式に代入することで、皮下脂肪量を求める。皮下脂肪量の演算式は、以下の式(9)で表される。

$$\text{皮下脂肪量} = m + (n \times f_a) + (o \times \text{身長}) + (p \times L_f) \quad \cdot \cdot \cdot (9)$$

上記式(9)において、 $m \sim p$ は定数である。

【0044】

50

図3のステップS5の処理が終了すると、制御部44は、前述のようにして求めた各種結果（体脂肪率 f_p 、体脂肪量 f_a 、皮下脂肪厚 L_f 、内臓脂肪面積、内臓脂肪量、皮下脂肪面積、皮下脂肪量）を表示部22に表示させるように制御する（図3のステップS6）。これにより、一連の動作が終了する。

【0045】

< C：電極の安定接触状態における皮下脂肪厚測定方法 >

上述した皮下脂肪の測定方法においては、把持ユニット10の第1測定電極12を、測定部位の表面から押し当てるため、押し圧によって生体軟部組織の形状が変化し、インピーダンスも変化する。

【0046】

図8および図9は、それぞれ異なる被験者について、超音波測定装置および第1測定電極12の押し圧によって、皮下脂肪厚の変化率がどのように変化するかを示すグラフである。図8および図9において、押し圧が 0g/cm^2 の場合とは、超音波測定装置および第1測定電極12が測定部位に僅かに接触している場合である。

【0047】

図8および図9から明らかなように、超音波測定装置および第1測定電極12のいずれの場合も、押し圧が変化すると皮下脂肪厚が変化していることがわかる。これは、押し圧によって生体軟部組織の形状が変化してインピーダンスが変化するためである。従って、正確な皮下脂肪厚を測定するためには、第1測定電極12の押し圧が所定の範囲内にある状態、即ち、インピーダンスの変化量が所定の範囲内にある状態で測定を行う必要がある。

なお、本実施形態では、体組成に関する指標として皮下脂肪厚を例示するが、押し圧によって生体軟部組織の形状が変化してインピーダンスが変化する点は他の体組成に関する指標の測定についても同様の問題がある。

【0048】

本実施形態では、レジスタンス R の基準値からの変化量およびリアクタンス X の基準値からの変化量が所定の範囲内にあり、かつ、リアクタンス X とレジスタンス R との比である R/X の変化率が所定の範囲内にある状態で複数回の測定を行い、リアクタンス X とレジスタンス R の平均値を用いて上記式(5)から皮下脂肪厚を算出することとした。以下、本実施形態の皮下脂肪厚測定方法を図10ないし図12を用いて説明する。なお、皮下脂肪厚は体組成に関する指標の一例である。

【0049】

計測が開始されると、カウンター n の値を0にセットする（ステップS10）。そして、レジスタンス R を計測し（ステップS11）、リアクタンス X を計測する（ステップS12）。次に、レジスタンス R が100未満かどうかを判断する（ステップS13）。また、リアクタンス X が15未満かどうかを判断する（ステップS14）。さらには、リアクタンス X とレジスタンス R との比が30未満かどうかを判断する（ステップS15）。

【0050】

これは、図11に示すように第1測定電極12の全てが計測対象の生体軟部組織に接触していない場合には正確な計測が出来ないので、このような場合を排除するためである。図11のように計測回路がオープン状態になると、レジスタンス R とリアクタンス X がともに無限大になる。そこで、このような場合には、計測を行うことなく、カウンター n の値を0にセットする処理からやり直す。

【0051】

しかしながら、図12に示すように第1測定電極12の全てが計測対象の生体軟部組織に接触すると、レジスタンス R が100未満、リアクタンス X が15未満、および、リアクタンス X とレジスタンス R との比が30未満となる。本実施形態では、このような状態が3回確認された時に皮下脂肪厚の計測準備が完了したと判断するので、カウンター n の値をインクリメントする（ステップS16）。

【0052】

10

20

30

40

50

カウンター n の値が 3 になり、図 12 に示すような第 1 測定電極 12 の接触状態が 3 回確認された場合には、その 3 回目のレジスタンス R の計測値をレジスタンス R の基準値とする (ステップ S18)。また、3 回目のリアクタンス X の計測値をリアクタンス X の基準値とする (ステップ S19)。さらに、3 回目のリアクタンス X とレジスタンス R との比 R/X の計測値をリアクタンス X とレジスタンス R との比の基準値とする (ステップ S20)。このように、それぞれの基準値が得られた時に皮下脂肪厚の計測準備が完了したとして、ブザー 43 を鳴らす (ステップ S21)。

【 0 0 5 3 】

次に、エラー状態の発生を検出するためのカウンター i の値に 0 をセットし (ステップ S22)、皮下脂肪厚の算出のためのレジスタンス R 、リアクタンス X を計測するためのカウンター m の値に 0 をセットする (ステップ S23)。

10

【 0 0 5 4 】

そして、レジスタンス R を計測し (ステップ S24)、リアクタンス X を計測して (ステップ S25)、カウンター m の値をインクリメントする (ステップ S26)。上述したように、第 1 測定電極 12 が計測部位に接触していても、押し圧が大きく変化してしまうと正確な計測が出来なくなってしまう。そこで、本実施形態では、レジスタンス R の基準値 R_{ref} からの変化量 $R_{ref} - R_m$ がマイナス 2 からプラス 2 の範囲内にあるかどうかを判断する (ステップ S27)。また、リアクタンス X の基準値 X_{ref} からの変化量 $X_{ref} - X_m$ がマイナス 2 からプラス 2 の範囲内にあるかどうかを判断する (ステップ S28)。さらに、リアクタンス X とレジスタンス R との比 R_m/X_m が基準値の 0.8 倍から 1.2 倍の範囲内にあるかどうかを判断する (ステップ S29)。

20

【 0 0 5 5 】

本実施形態では、このように、レジスタンス R の基準値からの変化量がマイナス 2 からプラス 2 の範囲内にあり、リアクタンス X の基準値からの変化量がマイナス 2 からプラス 2 の範囲内にあり、さらに、リアクタンス X とレジスタンス R との比 R/X が基準値の 0.8 倍から 1.2 倍の範囲内にある場合に、第 1 測定電極 12 の押し圧が適正值であると判断する。そして、カウンター m の値が 3 になったかどうかを判断する (ステップ S30)。つまり、それぞれの適正值が 3 回得られるまでは、上述したレジスタンス R とリアクタンス X の計測と適正值の判断とを繰り返す。

【 0 0 5 6 】

前記適正值が 3 回得られた場合には、レジスタンス R とリアクタンス X の計測値の平均値を算出し、これらの平均値を用いて上記式 (5) から皮下脂肪厚を算出する (ステップ S31)。

30

【 0 0 5 7 】

しかしながら、上述の適正值の判断処理 (ステップ S27 ~ ステップ S29) において、一度でも適正值の範囲にないと判断した場合には、カウンター i の値をインクリメントし (ステップ S32)、カウンター i の値が 10 に達したかどうかを判断する (ステップ S33)。つまり、レジスタンス R の基準値からの変化量、リアクタンス X の基準値からの変化量、および、リアクタンス X とレジスタンス R との比 R/X の基準値に対する変化率が、それぞれ適正值にない状態が 10 回続いた場合には、エラー状態であると判断してブザーを鳴らす (ステップ S34)。

40

【 0 0 5 8 】

以上のように、本実施形態によれば、皮下脂肪厚を計測する際に、レジスタンス R の基準値からの変化量、リアクタンス X の基準値からの変化量、および、リアクタンス X とレジスタンス R との比 R/X の基準値に対する変化率がそれぞれ適正值にある場合のレジスタンス R とリアクタンス X の平均値を用いるので、第 1 測定電極 12 を押し当てることによって生じる生体軟部組織の変形を最小限に抑え、安定して皮下脂肪厚の計測を行うことが出来る。

【 0 0 5 9 】

なお、本実施形態においては、皮下脂肪の計測準備処理 (ステップ S10 ~ ステップ S21)、

50

および、皮下脂肪の計測処理(ステップS22～ステップS31)の双方において、レジスタンスRを計測した場合について説明した。しかしながら、本実施形態の計測方法の場合には、レジスタンスRとインピーダンスZの値がほぼ等しいので、レジスタンスRに替えてインピーダンスZを用いてもよい。

【0060】

また、皮下脂肪の計測準備処理(ステップS10～ステップS21)における繰り返し回数を3回とした場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、1回以上であればよい。

【0061】

さらに、皮下脂肪の計測処理(ステップS22～ステップS31)における繰り返し回数も3回とした場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、1回以上であればよい。

10

【0062】

エラー状態の検出における繰り返し回数については10回とした場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、適宜の回数に設定することが出来る。

【0063】

上記式(5)から皮下脂肪厚を算出する際には、レジスタンスRとリアクタンスXの計測値の平均値を用いる場合について説明したが(ステップS31)、本発明はこれに限定されるものではなく、1回目～3回目の計測値の何れかの計測値を用いるようにしてもよい。また、皮下脂肪の計測準備処理(ステップS10～ステップS21)においては、それぞれ3回目の計測値を基準値としたが(ステップS18～ステップS20)、本発明はこれに限定されるものではなく、1回目～3回目の計測値の何れかの計測値を基準値としたり、3回の平均値を基準値としてもよい。

20

【0064】

< D : 変形例 >

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、例えば、以下の変形が可能である。また、以下に示す変形例のうち2以上の変形例を組み合わせることもできる。

【0065】

(1) 変形例 1

上述の実施形態では、皮下脂肪の計測処理(ステップS22～ステップS31)において、レジスタンスRの基準値からの変化量、リアクタンスXの基準値からの変化量、および、リアクタンスXとレジスタンスRとの比R/Xの基準値に対する変化率がそれぞれ適正值にあるかどうかを判断した。

30

【0066】

しかしながら、本発明はこのような場合に限定されるものではなく、図13に示すように、レジスタンスRの基準値Rrefに対する変化率Rref/Rmが0.8以上1.2以下であるかどうか(ステップS40)、リアクタンスXの基準値Xrefに対するからの変化率Xref/Xmが0.8以上1.2以下であるかどうか(ステップS41)、そして、リアクタンスXとレジスタンスRとの比Rm/Xmの基準値Rateからの変化量マイナス2以上プラス2以内であるかどうか(ステップS42)を判断するようにしてもよい。

40

【0067】

(2) 変形例 2

上述の実施形態では、皮下脂肪の計測準備処理においては、レジスタンスRが100未満(ステップS13)、リアクタンスXが15未満(ステップS14)、リアクタンスXとレジスタンスRとの比R/Xが30未満(ステップS15)の全ての条件について判断した。しかしながら、本発明はこのような場合に限定されるものではなく、いずれか一つの条件で判断してもよいし、3つの条件を適宜組み合わせる2つの条件として判断してもよい。

【0068】

(3) 変形例 3

上述の実施形態では、皮下脂肪の計測処理においては、レジスタンスRの基準値Rrefが

50

らの変化量 $R_{ref}-R_m$ がマイナス2 からプラス2 の範囲内にあるかどうか(ステップS27)、また、リアクタンス X の基準値 X_{ref} からの変化量 $X_{ref}-X_m$ がマイナス2 からプラス2 の範囲内にあるかどうか(ステップS28)、さらに、リアクタンス X とレジスタンス R との比 R_m/X_m が基準値の0.8倍から1.2倍の範囲内にあるかどうか(ステップS29)の全ての条件について判断した。しかしながら、本発明はこのような場合に限定されるものではなく、いずれか一つの条件で判断してもよいし、3つの条件を適宜組み合わせる2つの条件として判断してもよい。さらに、変形例2と変形例3を組み合わせるようにしてもよい。

【0069】

(4) 変形例4

10

上述の実施形態では、レジスタンス R の基準値 R_{ref} 、リアクタンス X の基準値 X_{ref} 、および、リアクタンス X とレジスタンス R との比 R/X の基準値 $Rate$ として、皮下脂肪の計測準備処理(ステップS10~ステップS21)における計測値を用いた。しかしながら、本発明はこのような場合に限定されるものではない。例えば、図14に示すように、皮下脂肪の計測処理開始後の最初のレジスタンス R の計測値を基準値 R_{ref} とし(ステップS50)、最初のリアクタンス X の計測値を基準値 X_{ref} とし(ステップS51)、および、これらの基準値を用いてリアクタンス X とレジスタンス R との比 R/X の基準値 $Rate$ としてもよい(ステップS52)。

【0070】

(5) 変形例5

20

上述した実施形態では、把持ユニット10の先端の面に、人体に接触させて皮下脂肪厚を測定したが、本発明はこれに限定されるのではなく、把持ユニット10を用いて生体インピーダンスを測定し、生体インピーダンスに基づいて体組成に関する指標を求める体組成計であってもよい。体組成に関する指標は、皮下脂肪厚にのみならず、実施形態で説明した内臓脂肪面積、内臓脂肪量、皮下脂肪面積、及び皮下脂肪量、あるいは筋肉量や体脂肪率が該当する。

【0071】

なお、上述した実施形態、および、各変形例は、適宜組み合わせるよう使用してもよい。

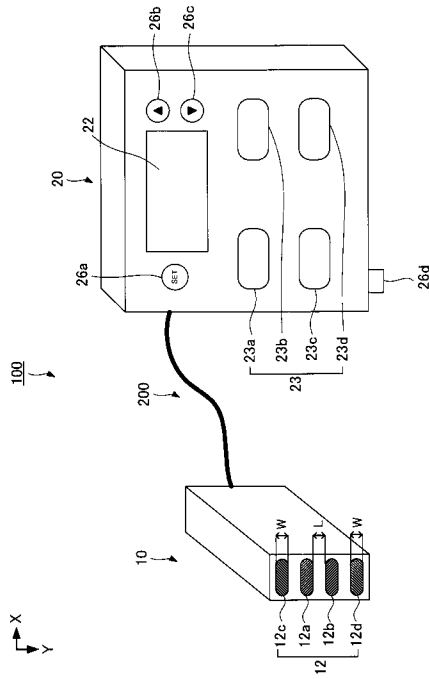
【符号の説明】

【0072】

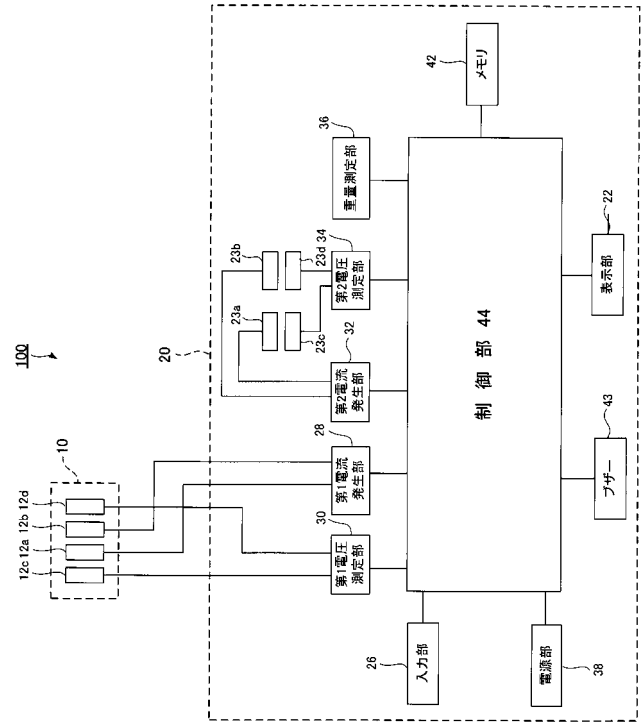
30

10... 把持ユニット、12a... 第1の電流印加用電極、12b... 第2の電流印加用電極、12c... 第1の電圧測定用電極、12d... 第2の電圧測定用電極、20... 載台ユニット、22... 表示部、23a... 第3の電流印加用電極、23b... 第4の電流印加用電極、23c... 第3の電圧測定用電極、23d... 第4の電圧測定用電極、26... 入力部、28... 第1電流発生部、30... 第1電圧測定部、32... 第2電流発生部、34... 第2電圧測定部、36... 重量測定部、38... 電源部、42... メモリ、43... メモリ、44... 制御部、100... 皮下脂肪厚測定装置。

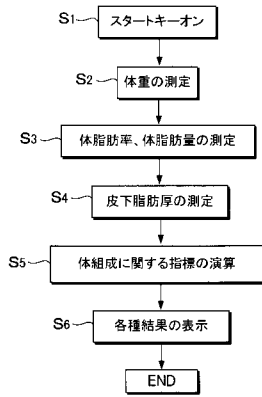
【 図 1 】



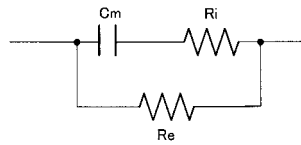
【 図 2 】



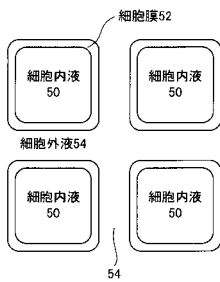
【 図 3 】



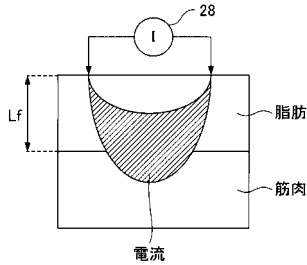
【 図 5 】



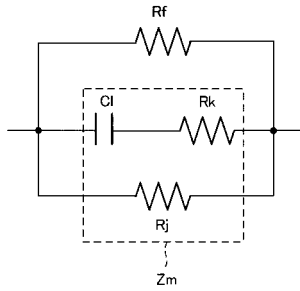
【 図 4 】



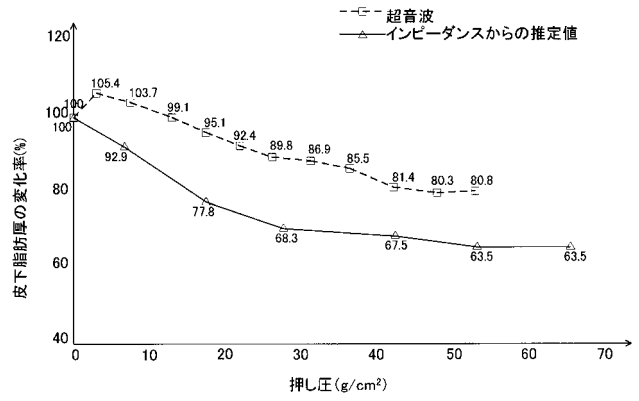
【 図 6 】



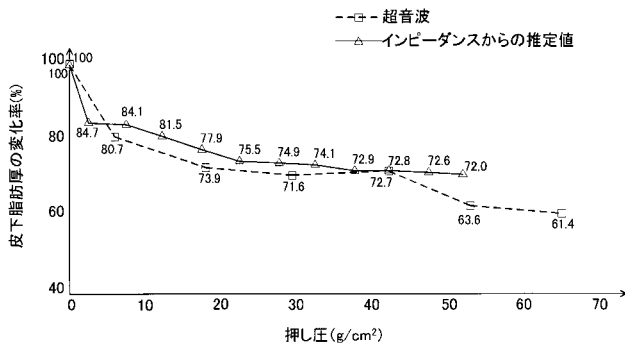
【 図 7 】



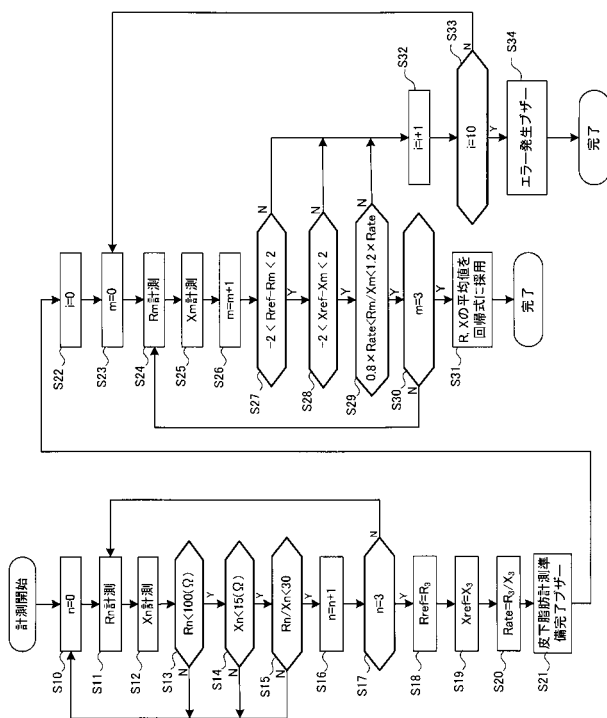
【 図 9 】



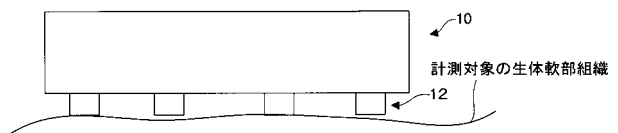
【 図 8 】



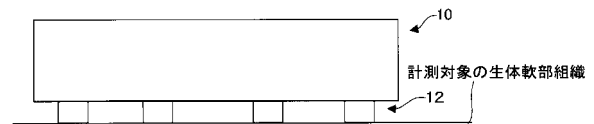
【 図 10 】



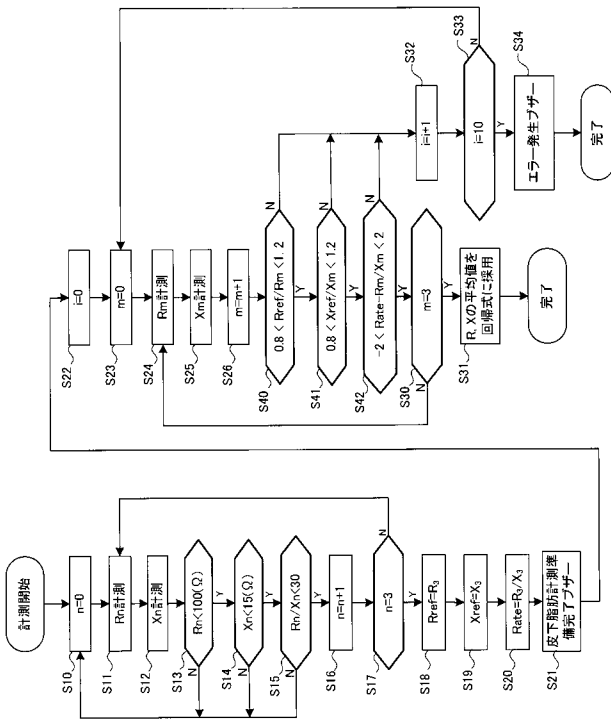
【 図 11 】



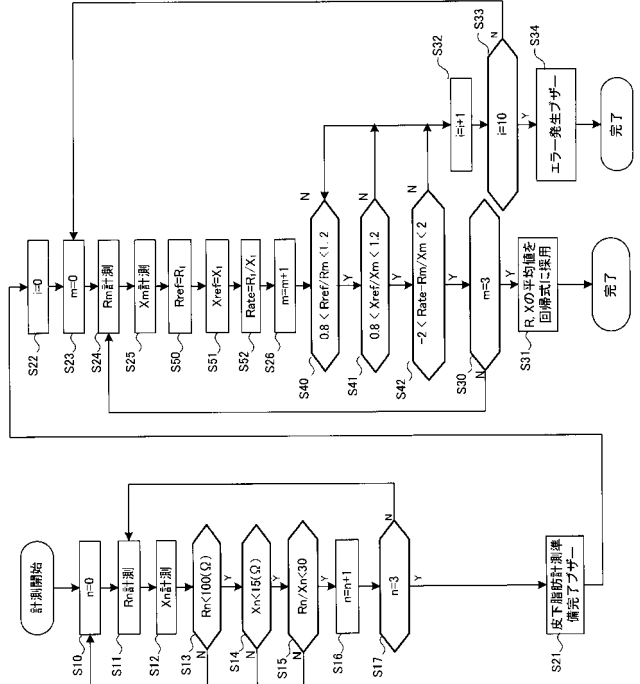
【 図 12 】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 西林 賢二

東京都板橋区前野町1丁目14番2号 株式会社タニタ内

(72)発明者 加藤 純

東京都板橋区前野町1丁目14番2号 株式会社タニタ内

Fターム(参考) 4C027 AA06 EE01 KK03 KK05