

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5471297号
(P5471297)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl.

A 61 B 5/0245 (2006.01)

F 1

A 61 B 5/02 320 F
A 61 B 5/02 320 P

請求項の数 4 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2009-245198 (P2009-245198)
 (22) 出願日 平成21年10月26日 (2009.10.26)
 (65) 公開番号 特開2011-87838 (P2011-87838A)
 (43) 公開日 平成23年5月6日 (2011.5.6)
 審査請求日 平成24年10月3日 (2012.10.3)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅善
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 ▲高橋▼ 有亮
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 審査官 南川 泰裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】拍動検出装置及び拍動検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

人体の拍動に由来する拍動信号を検出する拍動検出装置であつて、
 前記拍動信号とノイズ信号とが混在した脈波信号を検出して出力する脈波センサーと、
 人体の体動に伴う体動信号を検出して出力する体動センサーと、
 前記体動信号に基づいて適応フィルター処理によって前記脈波信号中の該ノイズ信号を
 除去した拍動信号を出力する体動影響成分フィルタリング部と、

前記脈波信号又は前記拍動信号の少なくとも一方に基づいて脈拍数を算出し、該脈拍数
 の特定の可否を判定する脈拍数算出判定部と、

前記脈拍数算出判定部で前記脈拍数を特定できない場合、前記脈拍数算出判定部において前記脈波信号に基づいて脈拍数を算出することの可否を判定する脈波信号参照可否判定部と、を備え、

前記脈波信号参照可否判定部は、前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が所定の閾値以下の場合、または前記脈波信号のパワースペクトル値の合計値より、前記拍動信号のパワースペクトル値の合計値が小さい場合、もしくは前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値のばらつきが所定の閾値以下の場合に、前記脈拍数算出判定部で前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の拍動検出装置において、

前記脈拍数算出判定部は、前記脈波信号に基づいて脈拍数算出処理を行うにあたり、前

回の脈拍数算出処理で得られた脈拍数を示すスペクトルの周波数と近いスペクトルを脈拍とすることを特徴とする拍動検出装置。

【請求項 3】

拍動信号とノイズ信号とが混在した脈波信号を検出する脈波センサーと、人体の体動に伴う体動信号を検出して出力する体動センサーとを備えたコンピューターにより、人体の拍動に由来する拍動信号を検出するための拍動検出方法であって、

前記コンピューターは、前記体動信号に基づいて適応フィルター処理によって前記脈波信号中の前記ノイズ信号を除去した拍動信号を出力する体動影響成分フィルタリングステップと、

前記脈波信号又は前記拍動信号の少なくとも一方に基づいて脈拍数を算出し、該脈拍数の特定の可否を判定する脈拍数算出判定ステップと、

前記脈拍数算出判定ステップで前記脈拍数を特定できない場合、前記脈拍数算出判定ステップにおいて前記脈波信号に基づいて脈拍数を算出することの可否を判定する脈波信号参照可否判定ステップと、を含み、

前記脈波信号参照可否判定ステップでは、前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が所定の閾値以下の場合、または前記脈波信号のパワースペクトル値の合計値より、前記拍動信号のパワースペクトル値の合計値が小さい場合、もしくは前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値のばらつきが所定の閾値以下の場合に、前記脈拍数算出ステップで前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定すること、

を特徴とする拍動検出方法。

10

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の拍動検出方法において、

前記脈拍数算出ステップでは、前記脈波信号に基づいて脈拍数算出処理を行うにあたり、前回の脈拍数算出処理で得られた脈拍数を示すスペクトルの周波数と近いスペクトルを脈拍とすることを特徴とする拍動検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、拍動検出装置及び拍動検出方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年の健康志向や、病後のリハビリテーション機会の増加に伴い、運動中においても脈拍、血圧、脈波状態などを測定する装置が開発されてきている。このような装置では、脈波センサーから取得される脈波信号をもとに生体情報を計測するように構成されている。

ところが、本来安静状態で使用される計測装置を用いて運動中に測定を行うと、測定部位において運動に起因する血流変化が生じ前記の脈波信号上で脈動由来以外の信号がノイズとしてのってしまい、正しく測定できない状態となってしまう。

【0003】

このような課題を解決する発明として、例えば、特許文献 1、特許文献 2 などが開示されている。これらの発明の特徴は、次に通りである。脈波センサーに加え、装着者の体動を検出する加速度センサーを脈拍計へ備える。上記加速度センサーから入力された加速度信号をもとに適応フィルターを形成する。上記適応フィルターを用いて、脈波信号内の体動由来信号成分を打ち消す。上記における適応フィルター形成処理とは、具体的には次のような処理内容である。加速度信号と脈波信号とを参照する。脈波信号の中から、加速度との相関性のある信号成分を除去する計算を行うための適応フィルター係数を算出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001-8909 号公報

【特許文献 2】特開 2002-224055 号公報

30

40

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、上記の適用フィルターは、体動由来信号を除去することを目的としているにもかかわらず、例えば、次のようなケースでは、心拍成分の信号をも除去してしまう場合がある。ジョギングで1分間あたり120回腕を振り、その時的心拍数も1分間あたり120前後である場合、さらには、その両者信号の位相が重なっている場合である。

【0006】

図11に体動と心拍が重なっている場合の脈波信号データと拍動信号データを示す。なお、各グラフの上段の曲線120g, 120hは脈波信号及び駆動信号の波形を、下段の棒グラフ122g, 122hは高速フーリエ変換(FFT)による周波数解析結果を示す。図11(A)は、脈波センサーが出力する脈波信号データを示し、図11(B)は、体動除去用適応フィルター出力信号の拍動信号データを示している。周波数解析結果122hに示すように、脈拍を示すスペクトルがどれかわからない状態である。

10

【0007】

したがって、従来の拍動検出装置では、心拍由来の血流量変化成分と、歩行・ジョギング時の腕振りなどに起因する定常的血流変化成分と、を脈波センサーが捉えたときに、各々の信号の周波数・位相が近接している場合、脈拍数を算出することができない虞があった。また、体動影響信号成分と心拍信号成分との位相が重なった場合、あるいは体動影響成分除去用の適応フィルターが、心拍信号成分の信号も除去してしまった場合に、脈拍計測ができない虞があった。

20

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0009】

[適用例1] 人体の拍動に由来する拍動信号を検出する拍動検出装置であって、前記拍動信号とノイズ信号とが混在した脈波信号を検出して出力する脈波センサーと、人体の体動に伴う体動信号を検出して出力する体動センサーと、前記体動信号に基づいて適応フィルターを生成して前記脈波信号中の前記ノイズ信号を抽出するとともに、該脈波信号から該ノイズ信号を除去した拍動信号を出力する体動影響成分フィルタリング部と、前記脈波信号又は前記拍動信号の少なくとも一方に基づいて脈拍数を算出し、該脈拍数の特定の可否を判定する脈拍数算出判定部と、を備えたことを特徴とする拍動検出装置。

30

【0010】

これによれば、脈波信号又は拍動信号の少なくとも一方に基づいて脈拍数を算出するので、心拍由来の血流量変化成分と、歩行・ジョギング時の腕振りなどに起因する定常的血流変化成分と、を脈波センサーが捉えたときに、各々の信号の周波数・位相が近接している場合でも、脈拍数を算出することができる。また、体動影響信号成分と心拍信号成分との位相が重なった場合、あるいは体動影響成分除去用の適応フィルターが、心拍信号成分の信号も除去してしまった場合でも脈拍計測が可能である。

40

【0011】

[適用例2] 上記拍動検出装置であって、前記脈拍数算出判定部で前記脈拍数を特定できない場合、前記脈拍数算出判定部において前記脈波信号に基づいて脈拍数を算出することの可否を判定する脈波信号参照可否判定部をさらに備えることを特徴とする拍動検出装置。

【0012】

これによれば、体動成分除去前の脈波信号に基づいて脈拍検出処理を行ってもよいかどうかを判定するので、体動成分除去後の脈波信号を参照して脈拍数を特定できない場合は、体動成分除去前の脈波信号を参照し脈拍検出処理を行うことができる。つまり、適応フィルターによるフィルタリングを行った結果、心拍成分の信号も除去してしまったと判定

50

した場合、適応フィルターを通す前の信号（生のセンサー出力信号）に対して後処理（脈拍数算出判定部）を行うことができる。

【0013】

[適用例3] 上記拍動検出装置であって、前記脈波信号参照可否判定部は、前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が所定の閾値以下の場合に、前記脈拍数算出判定部で前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出装置。

【0014】

これによれば、体動除去後の拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が閾値以下の場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0015】

[適用例4] 上記拍動検出装置であって、前記脈波信号参照可否判定部は、前記脈波信号のパワースペクトル値の合計値より、前記拍動信号のパワースペクトル値の合計値が小さい場合に、前記脈拍数算出判定部で前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出装置。

【0016】

これによれば、脈波センサーが出力した脈波信号のパワースペクトルの合計値Aと、体動除去後の拍動信号のパワースペクトルの合計値Bとを算出し、AとBとの比の大きさをみて、Bが小さい場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0017】

[適用例5] 上記拍動検出装置であって、前記脈波信号参照可否判定部は、前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値のばらつきが所定の閾値以下の場合に、前記脈拍数算出判定部で前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出装置。

【0018】

これによれば、体動除去後の拍動信号の各周波数のパワースペクトルのばらつきが少ない（標準偏差が閾値以下）の場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0019】

[適用例6] 上記拍動検出装置であって、前記脈拍数算出判定部は、前記脈波信号に基づいて脈拍数算出処理を行うにあたり、前回の脈拍数算出処理で得られた脈拍数を示すスペクトルの周波数と近いスペクトルを脈拍とすることを特徴とする拍動検出装置。

【0020】

これによれば、体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍検出処理を行うにあたり、前回の脈拍検出処理の結果、得られた脈拍数を示すスペクトルと近いスペクトルを脈拍と見なすことができる。具体的には、今回スペクトルをパワーの強い順に見たときに、1番目、若しくは2番目に強いスペクトルの位置が前回のスペクトルの位置と一定距離内（スペクトルで3本以内）の場合は、脈拍と見なすことができる。なおかつ、この1番目、2番目のスペクトルのうち、前回計測した脈拍と近いほうのスペクトルを脈拍と判定することができる。

【0021】

[適用例7] 拍動信号とノイズ信号とが混在した脈波信号を検出する脈波センサーと、人体の体動に伴う体動信号を検出して出力する体動センサーとを備えたコンピューターにより、人体の拍動に由来する拍動信号を検出するための拍動検出方法であって、前記コンピューターは、前記体動信号に基づいて適応フィルターを生成して前記脈波信号中の前記ノイズ信号を抽出するとともに、前記脈波信号から前記ノイズ信号を除去した拍動信号を出力する体動影響成分フィルタリングステップと、前記脈波信号又は前記拍動信号の少なくとも一方に基づいて脈拍数を算出し、該脈拍数の特定の可否を判定する脈拍数算出判定ステップと、を含むことを特徴とする拍動検出方法。

【0022】

これによれば、脈波信号又は拍動信号の少なくとも一方に基づいて脈拍数を算出するの

10

20

30

40

50

で、心拍由来の血流量変化成分と、歩行・ジョギング時の腕振りなどに起因する定常的血流変化成分と、を脈波センサーが捉えたときに、各々の信号の周波数・位相が近接している場合でも、脈拍数を算出することができる。また、体動影響信号成分と心拍信号成分との位相が重なった場合に、体動影響成分除去用の適応フィルターが、心拍信号成分の信号も除去してしまった場合でも脈拍計測が可能である。

【0023】

[適用例8] 上記拍動検出方法であって、前記脈拍数算出判定ステップで前記脈拍数を特定できない場合、前記脈拍数算出判定ステップにおいて前記脈波信号に基づいて脈拍数を算出することの可否を判定する脈波信号参照可否判定ステップをさらに含むことを特徴とする拍動検出方法。

10

【0024】

これによれば、体動成分除去前の脈波信号に基づいて脈拍検出処理を行ってもよいかどうかを判定するので、体動成分除去後の脈波信号を参照して脈拍数を特定できない場合は、体動成分除去前の脈波信号を参照し脈拍検出処理を行うことができる。つまり、適応フィルターによるフィルタリングを行った結果、心拍成分の信号も除去してしまったと判定した場合、適応フィルターを通す前の信号（生のセンサー出力信号）に対して後処理（脈拍数算出判定部）を行うことができる。

【0025】

[適用例9] 上記拍動検出方法であって、前記脈波信号参照可否判定ステップでは、前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が所定の閾値以下の場合に、前記脈拍数算出ステップで前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出方法。

20

【0026】

これによれば、体動除去後の拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が閾値以下の場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0027】

[適用例10] 上記拍動検出方法であって、前記脈波信号参照可否判定ステップでは、前記脈波信号のパワースペクトル値の合計値より、前記拍動信号のパワースペクトル値の合計値が小さい場合に、前記脈拍数算出ステップで前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出方法。

30

【0028】

これによれば、脈波センサーが出力する脈波信号のパワースペクトルの合計値Aと、体動除去後の拍動信号のパワースペクトルの合計値Bとを算出し、AとBとの比の大きさをみて、Bが小さい場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0029】

[適用例11] 上記拍動検出方法であって、前記脈波信号参照可否判定ステップでは、前記拍動信号の各周波数のパワースペクトル値のばらつきが所定の閾値以下の場合に、前記脈拍数算出ステップで前記脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定することを特徴とする拍動検出方法。

【0030】

40

これによれば、体動除去後の拍動信号の各周波数のパワースペクトルのばらつきが少ない（標準偏差が閾値以下）の場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0031】

[適用例12] 上記拍動検出方法であって、前記脈拍数算出ステップでは、前記脈波信号に基づいて脈拍数算出処理を行うにあたり、前回の脈拍数算出処理で得られた脈拍数を示すスペクトルの周波数と近いスペクトルを脈拍とすることを特徴とする拍動検出方法。

【0032】

これによれば、体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍検出処理を行うにあたり、前回の脈拍検出処理の結果、得られた脈拍数を示すスペクトルと近いスペクトルを脈拍と見なす

50

ことができる。具体的には、今回スペクトルをパワーの強い順に見たときに、1番目、若しくは2番目に強いスペクトルの位置が前回のスペクトルの位置と一定距離内（スペクトルで3本以内）の場合は、脈拍と見なすことができる。なおかつ、この1番目、2番目のスペクトルのうち、前回計測した脈拍と近いほうのスペクトルを脈拍と判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】第1の実施形態に係る拍動検出装置の機能ブロック図。

【図2】第1の実施形態に係る拍動検出装置の拍動検出方法の流れ図。

【図3】第1の実施形態に係る拍動検出装置の構成を示す説明図（A）、本実施形態に係る拍動検出装置の脈波センサー近傍の断面図（B）。 10

【図4】第1の実施形態に係る拍動検出装置の装置本体を、リストバンドやケーブルなどを外した状態で示す平面図。

【図5】第1の実施形態に係る制御部近傍の概要構成ブロック図。

【図6】脈波センサーが output した脈波信号を参照するか否かの判定を説明する拍動信号データを示す図。

【図7】脈波センサーが output した脈波信号を参照するか否かの判定を説明する脈波信号データ（A）と、拍動信号データ（B）とを示す図。

【図8】脈波センサーが output した脈波信号を参照するか否かの判定を説明する拍動信号データを示す図。 20

【図9】第1の実施形態に係る拍動検出装置の脈拍数表示の推移を示す図。

【図10】第2の実施形態に係る拍動検出装置の拍動信号データ（A）と、脈波信号データ（B）とを示す図。

【図11】体動と心拍が重なっている場合の脈波信号データ（A）と、拍動信号データ（B）とを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

（第1の実施形態）

以下に本実施形態を添付図面に基づいて説明する。

図1は、本実施形態に係る拍動検出装置の機能ブロック図である。本実施形態に係る拍動検出装置2の脈波センサー10は、被験者の脈波信号を検出する。この脈波信号は、脈波信号取得部12で増幅・A/D変換され、サンプリングされた後、バッファーに記憶される。なお、本実施形態におけるサンプリング周波数は「16Hz」である。この脈波信号は、本来の拍動成分と、体動に基づく体動成分との和になる。バッファーに記憶された脈波信号は、体動影響成分フィルタリング部14と第2脈波周波数解析部16とに出力される。

【0035】

本実施形態に係る拍動検出装置2の体動センサー30は、加速度センサー等によって構成され、被験者の体動信号を測定する。この体動信号は、体動信号取得部18で増幅・A/D変換され、サンプリングされた後、バッファーに記憶される。なお、本実施形態におけるサンプリング周波数は「16Hz」である。バッファーに記憶された体動信号は、体動影響成分フィルタリング部14に出力される。 40

【0036】

体動影響成分フィルタリング部14は、図示しない適応フィルターと、減算器と、係数演算部とを備えている。適応フィルターは、FIRフィルターによって構成され、体動成分の予測値を算出する。次に、減算器は、脈波信号から予測値を減算する。次に、係数演算部において残差信号により定数が逐次算出され、算出された定数は適応フィルターに設定される。体動影響成分フィルタリング部14は、出力信号として拍動信号を第1脈拍数算出判定部（脈拍数算出判定部）20に出力する。

【0037】

10

20

30

40

50

第1脈波周波数解析部22は、一連の拍動信号に対してFFT処理を施し、その周波数成分を求める。そして、これら周波数成分の中から最大のレベルを有する成分を拍動成分として抽出する。この周波数成分は、第1脈拍数算出判定部20と、脈波信号参照可否判定部24とに出力される。

【0038】

第2脈波周波数解析部16は、一連の脈波信号に対してFFT処理を施し、その周波数成分を求める。そして、これら周波数成分の中から最大のレベルを有する成分を拍動成分として抽出する。この周波数成分は、第2脈拍数算出判定部(脈拍数算出判定部)26と、脈波信号参照可否判定部24とに出力される。

【0039】

第1脈拍数算出判定部20は、第1脈波周波数解析部22の解析結果を基に脈拍数の算出(判定)を行う。この判定結果は、脈波信号参照可否判定部24に出力される。

【0040】

第2脈拍数算出判定部26は、第2脈波周波数解析部16の解析結果を基に脈拍数の算出(判定)を行う。

【0041】

脈波信号参照可否判定部24は、「脈波センサー10が出力した脈波信号に基づいて第2脈拍数算出判定部26が脈拍数を算出することの可否」を、拍動信号と脈波信号とに基づいて判定する。

【0042】

脈拍数表示部28は、脈拍数を算出できた場合は、脈拍数を表示し、脈拍数を算出できなかった場合は、脈拍算出ができなかった旨の表示をする。

【0043】

上記のように構成された本実施形態に係る拍動検出装置2は、次の手順で脈拍数を算出する。第1脈拍数算出判定部20の脈拍数算出(判定)で脈拍数が特定できない場合は、脈波信号参照可否判定部24の判定結果が第2脈拍数算出判定部26で脈波センサー10が出力した脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定されれば、第2脈波周波数解析部16の解析結果を基に第2脈拍数算出判定部26で脈拍数の算出を行う。

【0044】

脈波センサー10が出力した脈波信号の周波数解析結果に基づき、脈拍数を算出する処理の内容は、体動影響成分フィルタリング部14から出力された信号の周波数解析結果に基づく脈拍数算出処理と同じでよいことが、検証の結果明らかとなっている。例えば、基本的には、高いパワーを持つスペクトルを順番に見ていき、過去に算出した脈拍値と近い周波数成分であるかどうかを確認する処理を行う。

【0045】

さらに、具体的には、第1脈拍数算出判定部20が脈拍数を算出(判定)する処理を行った結果、脈拍値を算出できた場合は、脈拍数表示部28で脈拍数を表示する。

一方、脈拍数を算出できなかった場合は、MPU32(図5参照)が、脈波信号参照可否判定部24へ処理実行指示を出す(ステップS1)。

【0046】

脈波信号参照可否判定部24は、第1脈波周波数解析部22からは体動除去を行った後の拍動信号の周波数解析結果を取得し(ステップS2)、第2脈波周波数解析部16からは、体動除去を行う前の脈波センサー10が出力した脈波信号の周波数解析結果を取得する。なお、この時、(ステップS2-1)の処理として、体動除去を行う前の脈波センサー10が出力した脈波信号に対してFFT処理を行っておく。

【0047】

脈波信号参照可否判定部24は、上記の2つの入力に基づいて、「体動除去を行う前の脈波センサー10が出力した脈波信号に基づいて脈拍を算出する処理を行ってもよいかどうか」を判定する。

【0048】

10

20

30

40

50

判定結果がNGの場合（第2脈拍数算出判定部26で脈波センサー10が出力した脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行わないと判定）は、第1脈拍数算出判定部20に対して、脈拍算出不可と応答する。その場合は、脈拍数表示部28で脈拍算出ができなかった旨の表示をする。

【0049】

判定結果がOKの場合（第2脈拍数算出判定部26で脈波センサー10が出力した脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定）は、第2脈波周波数解析部16の算出した周波数解析結果を、第2脈拍数算出判定部26へ渡すよう、MPU32が指示する。

【0050】

第2脈拍数算出判定部26は、体動除去を行う前の脈波センサー10が出力した脈波信号の周波数解析結果に基づいて（ステップS3）、脈拍数を算出（判定）する処理を行う。そして脈拍値を算出できた場合は、脈拍数表示部28で脈拍数を表示し（ステップS4）、脈拍数を算出できなかった場合は、脈拍算出ができなかった旨の表示をする。

【0051】

図2は、本実施形態に係る拍動検出装置2の拍動検出方法の流れ図であり、MPU32（図5参照）が本実施例の拍動検出アルゴリズムにしたがって脈波信号と体動信号とを処理して拍動信号を抽出し、最終的にその拍動信号に基づく脈拍数を脈拍数表示部28に表示出力するまでの処理の流れ図を示している。

【0052】

まず、拍動検出装置2を装着した利用者が拍動検出装置測を開始するための所定のボタン操作を行うと、MPU32は、脈波信号と体動信号とをRAM40（図5参照）に書き込むことで取得する（ステップS10）。

【0053】

次に、体動除去適応フィルター処理を施して、MPU32は、拍動信号をRAM40に書き込むことで取得する（ステップS20）。

【0054】

次に、拍動信号に対してFFT処理を施し、その周波数成分を求める。MPU32は、周波数成分をRAM40に書き込むことで取得する（ステップS30）。

【0055】

次に、周波数成分を基に脈拍数の算出（判定）を行う（ステップS40）。結果、脈拍値を算出できた場合は、ステップS50へ進む。脈拍値を算出できなかった場合は、ステップS60へ進む。

【0056】

次に、脈拍値を算出できた場合、脈拍数表示部28に脈拍数を表示する（ステップS50）。そして終了する。

【0057】

また、脈拍値を算出できなかった場合、脈波信号と体動信号とに基づいて、「体動除去を行う前の脈波センサー10が出力した脈波信号に基づいて脈拍を算出する処理を行ってもよいかどうか」を判定する（ステップS60）。結果、判定結果がOKの場合（第2脈拍数算出判定部26で脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定）は、ステップS70へ進む。判定結果がNGの場合（第2脈拍数算出判定部26で脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行わないと判定）は、ステップS90へ進む。

【0058】

次に、判定結果がOKの場合、脈波信号に対してFFT処理を施し、その周波数成分を求める。MPU32は、周波数成分をRAM40に書き込むことで取得する（ステップS70）。

【0059】

次に、周波数成分を基に脈拍数の算出（判定）を行う（ステップS80）。結果、脈拍値を算出できた場合は、ステップS50へ進む。脈拍値を算出できなかった場合は、ステップS90へ進む。

10

20

30

40

50

【0060】

次に、判定結果がNGの場合、脈拍数表示部28に脈拍算出ができなった旨の表示をする（ステップS90）。そして終了する。

【0061】

図3(A)は、本実施形態に係る拍動検出装置2の構成を示す説明図である。拍動検出装置2は、大別すると、腕時計構造を有する装置本体44と、この装置本体44に接続されるケーブル46と、このケーブル46の先端側に設けられた脈波センサー10と、を備えて構成されている。

【0062】

ケーブル46の一端側にはコネクターピース48が構成されている。このコネクターピース48は、装置本体44の6時の側に構成されているコネクター部50に対して着脱自在に構成されている。

10

【0063】

装置本体44には、腕時計における12時方向から腕に巻きついてその6時方向で固定されるリストバンド52が設けられている。このリストバンド52によって、装置本体44は、腕に着脱自在に装着される。

【0064】

図3(B)は、本実施形態に係る拍動検出装置2の脈波センサー10近傍の断面図である。脈波センサー10は、センサー固定用バンド54によって遮光された状態で人差し指の根元から指関節までの間に装着されている。このように、脈波センサー10を指の根元に装着することにより、ケーブル46が短くて済むので、ケーブル46は、ランニング中に邪魔にならない。また、掌から指先までの体温の分布を計測すると、寒いときには、指先の温度が著しく低下するのに対し、指の根元の温度は比較的低下しない。したがって、指の根元に脈波センサー10を装着すれば、寒い日に屋外でランニングしたときでも、脈拍数などを正確に計測できるのである。

20

【0065】

図4は、本実施形態に係る拍動検出装置2の装置本体44を、リストバンド52やケーブル46などを外した状態で示す平面図である。図4において、装置本体44は、樹脂製の時計ケース56を備えている。時計ケース56の表面側には、現在時刻や日付に加えて、走行時や歩行時のピッチ、及び脈拍数などの脈波情報などを表示するELバックライト付きの脈拍数表示部28が設けられている。

30

【0066】

脈拍数表示部28には、表示面の左上側に位置する第1セグメント表示領域58、右上側に位置する第2セグメント表示領域60、右下側に位置する第3セグメント表示領域62、及び左下側に位置するドット表示領域64が構成されており、ドット表示領域64では、各種の情報をグラフィック表示可能である。

【0067】

時計ケース56の内部には、ピッチを求めるための体動センサー30(図5参照)が内蔵されており、この体動センサー30としては、加速度センサーなどを用いることができる。

40

【0068】

また、時計ケース56の内部には、各種の制御やデータ処理を行う制御部66が設けられている。この制御部66は、体動センサー30による検出結果(体動信号)及び脈波センサー10による検出結果(脈波信号)に基づいて平均脈拍数及び平均脈拍数に対する脈拍数ばらつきの時間変化などを求め、必要に応じて脈拍数表示部28で表示するとともに、送受信回路68(図5参照)及びアンテナ部70を介して管理センター(図示せず)に当該拍動検出装置2を特定するIDコードとともに、計測した各演算タイミングに対応する平均脈拍データ、平均脈拍データに対応する平均脈拍数に対する脈拍数のばらつきを表す脈拍ばらつきデータを送信する。

【0069】

50

この場合において、制御部 6 6 には、計時回路も構成されているため、通常時刻なども脈拍数表示部 2 8 に表示可能となっている。

【0070】

また、時計ケース 5 6 の外周部には、入力装置 7 2 (図 5 参照) を構成し、時刻合わせや表示モードの切り換えなどの外部操作を行うためのボタンスイッチ 7 4 ~ 8 2 が設けられている。また、時計ケース 5 6 の表面には、同じく、入力装置 7 2 を構成する、大きめのボタンスイッチ 8 4 , 8 6 が構成されている。

【0071】

拍動検出装置 2 の電源は、時計ケース 5 6 に内蔵されているボタン形の小型の電池 8 8 であり、ケーブル 4 6 は、電池 8 8 から脈波センサー 1 0 に電力を供給するとともに、脈波センサー 1 0 の検出結果を時計ケース 5 6 の制御部 6 6 に入力している。 10

【0072】

拍動検出装置 2 では、その機能を増やすに伴って、装置本体 4 4 を大型化する必要がある。しかしながら、装置本体 4 4 には、腕に装着されるという制約があるため、装置本体 4 4 を腕時計における 6 時及び 12 時の方向に向けては拡大できない。

【0073】

そこで、本実施形態では、装置本体 4 4 には、3 時及び 9 時の方向における長さ寸法が 6 時及び 12 時の方向における長さ寸法よりも長い横長の時計ケース 5 6 を用いてある。

【0074】

この場合において、リストバンド 5 2 は、3 時の方向側に偏った位置で接続しているため、リストバンド 5 2 からみると、腕時計における 9 時の方向には、3 時の方向とは異なり張出部分 9 0 が設けられている。したがって、横長の時計ケース 5 6 を用いたわりには、手首を自由に曲げることができ、また、転んでも手の甲を時計ケース 5 6 にぶつけたりすることもない。 20

【0075】

時計ケース 5 6 の内部において、電池 8 8 に対して 9 時の方向には、ブザー用の偏平な圧電素子 9 2 が配置されている。電池 8 8 は、圧電素子 9 2 に比較して重いため、装置本体 4 4 の重心位置は、3 時の方向に偏った位置にある。この重心が偏っている側にリストバンド 5 2 が接続しているので、装置本体 4 4 を腕に安定した状態で装着できる。また、電池 8 8 と圧電素子 9 2 とを平面方向に配置してあるため、装置本体 4 4 を薄型化できる。これとともに、図示しないが、裏面に電池蓋を設けることによって、利用者は、電池 8 8 を簡単に交換できる。 30

【0076】

また、時計ケース 5 6 の内部には、管理センターと通信を行うためのアンテナ部 7 0 が設けられている。

【0077】

図 5 は、本実施形態に係る制御部 6 6 近傍の概要構成ブロック図である。

制御部 6 6 は、大別すると、脈波センサー 1 0 からの入力結果に基づいて脈拍数などを求める脈波データ処理部 9 6 と、体動センサー 3 0 からの入力結果に基づいてピッチを求めるピッチデータ処理部 9 8 と、動作クロック信号を生成するクロック生成部 1 0 0 と、制御部全体を制御するコントロール部 1 0 2 と、が構成されている。 40

【0078】

脈波データ処理部 9 6 は、大別すると、脈波信号增幅回路 1 0 4 と、脈波波形整形回路 1 0 6 と、を独自に備え、ピッチデータ処理部 9 8 と共有して A / D 変換回路 1 0 8 を備えている。

【0079】

脈波信号增幅回路 1 0 4 は、脈波センサー 1 0 が output した脈波信号を增幅して脈波增幅信号を A / D 変換回路 1 0 8 及び脈波波形整形回路 1 0 6 に出力する。

【0080】

脈波波形整形回路 1 0 6 は、脈波增幅信号の波形整形を行ってコントロール部 1 0 2 に 50

出力する。

【0081】

A/D変換回路108は、脈波増幅信号のA/D変換を行って脈波データとしてコントロール部102に出力する。

【0082】

ピッチデータ処理部98は、大別すると、体動信号増幅回路110と、体動波形整形回路112と、を独自に備え、上述したように脈波データ処理部96と共有してA/D変換回路108を備えている。

【0083】

体動信号増幅回路110は、体動センサー30の出力である体動信号を増幅して体動増幅信号をA/D変換回路108及び体動波形整形回路112に出力する。 10

【0084】

体動波形整形回路112は、体動増幅信号の波形整形を行ってコントロール部102に出力する。

【0085】

A/D変換回路108は、体動増幅信号のA/D変換を行って体動データとしてコントロール部102に出力する。

【0086】

クロック生成部100は、大別すると、発振回路114及び分周回路116を備えている。 20

【0087】

発振回路114は、水晶発振器などを備え、コントロール部102にクロック信号を基準動作クロックとして供給するとともに、クロック信号から計時用クロック信号を生成させるべく、分周回路116に供給する。

【0088】

分周回路116は、供給されたクロック信号を分周して、各種の計時用クロック信号を生成してコントロール部102に供給する。

【0089】

コントロール部102は、大別すると、MPU32と、RAM40と、ROM118と、を備えており、MPU32には上述した脈拍数表示部28の他、入力装置72、送受信回路68、及びアンテナ部70が接続されている。 30

【0090】

MPU32は、ROM118内に格納された制御プログラムに基づいて制御部66全体、ひいては、拍動検出装置2全体を制御する。

【0091】

RAM40は、脈波データ、体動データを含む各種データを一時的に格納し、作業領域として用いられる。

【0092】

ROM118は、MPU32、ひいては、拍動検出装置2全体を制御するための制御プログラムを予め格納している。 40

【0093】

上記実施形態において、拍動検出装置2における体動影響成分フィルタリング部14、第1及び第2脈波周波数解析部22, 16、脈波信号参照可否判定部24、第1及び第2脈拍数算出判定部20, 26は、上記MPU32が脈波信号と体動信号を所定のプログラムを処理することで実現される。例えば、体動影響成分フィルタリング部14の要部は、FIRフィルターなどによって構成される適用フィルターを用いて脈波信号から体動に相關するノイズ成分を除去することで拍動を検出するものであり、その適応フィルターは、MPU32が所定のプログラムを実行することで実現されるデジタルフィルターである。

【0094】

以下では、脈波センサー10が输出した脈波信号を参照するか否かの判定を行う脈波信 50

号参照可否判定部 24 の実施例を挙げる。

(実施例 1)

図 6 は、脈波センサー 10 が出力した脈波信号を参照するか否かの判定を説明する拍動信号データを示す図である。なお、グラフの上段の曲線 120a は拍動信号の波形を、下段の棒グラフ 122a は周波数解析結果を示す。

【0095】

図 6 に示すように、体動除去後の拍動信号の周波数解析結果 122a の各周波数のパワースペクトル値が閾値以下である場合は、第 2 脈拍数算出判定部 26 で体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定する。なお、パワースペクトル値の平均が閾値以下であってもよい。

これにより、体動除去後の拍動信号の各周波数のパワースペクトル値が閾値以下の場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0096】

(実施例 2)

図 7 は、脈波センサー 10 が出力した脈波信号を参照するか否かの判定を説明する脈波信号データ (A) と、拍動信号データ (B) とを示す図である。なお、各グラフの上段の曲線 120b, 120c は脈波信号及び拍動信号の波形を、下段の棒グラフ 122b, 122c は周波数解析結果を示す。

【0097】

図 7 (A) に示す脈波センサー 10 が出力した脈波信号の周波数解析結果 122b のパワースペクトルの合計値 A と、図 7 (B) に示す体動除去後の拍動信号の周波数解析結果 122c のパワースペクトルの合計値 B とを算出し、合計値 A と B との比の大きさをみて、合計値 B が小さい場合は、第 2 脈拍数算出判定部 26 で体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定する。具体的には、図 7 (A) 及び (B) より、(体動除去適応フィルターの拍動信号のスペクトル値合計) / (脈波センサー 10 が出力した脈波信号データのスペクトル値合計) = 3358.113 / 14932.66 = 0.2248838 < 0.25 である。

これにより、脈波センサー 10 が出力する脈波信号のパワースペクトルの合計値 A と、体動除去後の拍動信号のパワースペクトルの合計値 B とを算出し、A と B との比の大きさをみて、B が小さい場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0098】

(実施例 3)

図 8 は、脈波センサー 10 が出力した脈波信号を参照するか否かの判定を説明する拍動信号データを示す図である。なお、グラフの上段の曲線 120d は拍動信号の波形を、下段の棒グラフ 122d は周波数解析結果を示す。また、左表は周波数解析結果 122d の各周波数ごとのパワースペクトル値である。

【0099】

図 8 に示すように、体動除去後の拍動信号の周波数解析結果 122d の各周波数ごとのパワースペクトルのはらつきが少ない(標準偏差が閾値以下)場合は、第 2 脈拍数算出判定部 26 で体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定する。具体的には、図 6 より、64 基線分のスペクトル値の標準偏差 = 5.588 が 10 以下の値なので、第 2 脈拍数算出判定部 26 で体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍数の算出を行うと判定する。

これにより、体動除去後の拍動信号の各周波数のパワースペクトルのはらつきが少ない(標準偏差が閾値以下)の場合は、脈波信号を参照して脈拍数を特定できると容易に判定できる。

【0100】

図 9 は、本実施形態に係る拍動検出装置 2 の脈拍数表示の推移を示す図であり、従来の拍動検出アルゴリズムで算出した脈拍数と、上記実施例のそれぞれの拍動検出アルゴリズ

10

20

30

40

50

ムに基づいて拍動信号を検出して脈拍数とを計測した場合の推移を示している。

【0101】

図中の2つの曲線は、上記実施例における拍動検出アルゴリズムを用いて計測した脈拍数の推移124と、従来の拍動検出アルゴリズムを用いて計測した脈拍数の推移126であり、1分あたりに換算した腕振り回数の推移128を設け、上記拍動検出装置2を装着した被験者がその推移128にしたがって腕振り回数を変化させたときに脈拍計に表示された脈拍数をプロットしたものである。

【0102】

推移126では、心拍由来の血流量変化成分と、歩行・ジョギング時の腕振りなどに起因する定常的血流変化成分と、を脈波センサー10が捉えたときに、各々の信号の周波数・位相が近接している場合、あるいは、体動影響信号成分と心拍信号成分との位相が重なった場合、脈拍数の計測ができずエラーを示す「脈拍ゼロ」130を表示した。一方、上記実施例では、体動変化に伴う計測の失敗がなく、精度良く脈拍数を計測し続けることができた。

【0103】

(第2の実施形態)

図10は、本実施形態に係る拍動検出装置2の拍動信号データ(A)と、脈波信号データ(B)とを示す図である。なお、各グラフの上段の曲線120e, 120fは脈波信号及び拍動信号の波形を、下段の棒グラフ122e, 122fは周波数解析結果を示す。図10(A)は、前回(4秒前)に脈拍を計測したときにおける、体動除去処理まで終えた後の16秒間分の脈の拍動信号の波形120eとその周波数解析結果122eを示す図である。図10(B)は、今回、脈拍計測処理を行う対象とする。体動除去処理をする前のつまり、脈波センサー10が output した脈波信号の波形120fと、その周波数解析結果122fを示す図である。

【0104】

本実施形態に係る拍動検出装置2は、体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍計測処理を行うにあたり、前回の脈拍検出処理の結果得られた脈拍数を示すスペクトルと近いスペクトルを脈拍と見なすことに特徴がある。

【0105】

図10(A)に示すように、周波数解析結果122eの左から数えて25本目のスペクトルが最もパワーを持っていることから、このスペクトルが心拍の周波数を示していると判定して、脈拍数 = $25 * 3.75 = 94$ 拍/分の計算により、脈拍数は、94拍/分と決まる(3.75は、FFT処理の解像度により決まる)。

【0106】

一方、図10(B)に示すように、周波数解析結果122fの左から数えて49本目のスペクトルが最もパワーを持っており、左から数えて24本目のスペクトルが2番目に大きいパワーを持っている。

【0107】

故に、単に最も大きいパワーを持っているスペクトルに注目してしまうと、心拍を示す脈波信号を捕らえ間違えてしまい、算出する脈拍数が不正確になってしまう。

【0108】

そこで、今回脈拍数を算出するにあたり、注目する領域を「前回、脈拍数として算出したスペクトルと近い距離にあるスペクトル」に絞る。具体的には、前回、脈拍とみなした25本目 ± 3本 = 22本目 ~ 28本目の範囲に絞り、この範囲にあるスペクトルの中で、最もパワーの大きいスペクトルを心拍と見なす。

【0109】

この範囲内では、左から数えて24本目のスペクトルが最もパワーを持っているので、脈拍数 = $24 * 3.75 = 90$ 拍/分の計算により、脈拍数は、90拍/分と決まる(3.75は、FFT処理の解像度により決まる)。

これにより、体動除去前の脈波信号に基づいて脈拍検出処理を行うにあたり、前回の脈

10

20

30

40

50

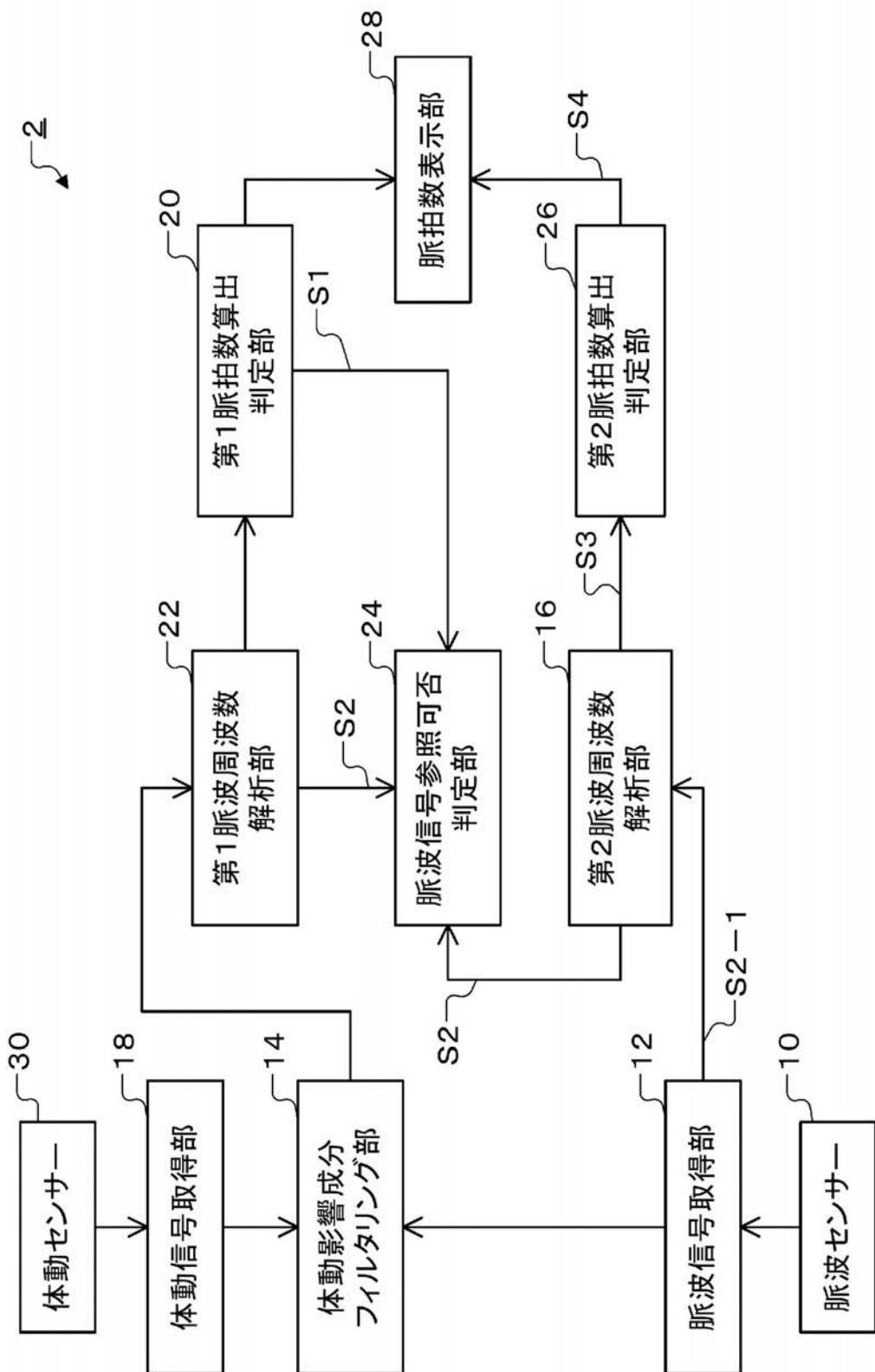
拍検出処理の結果、得られた脈拍数を示すスペクトルと近いスペクトルを脈拍と見なすことができる。

【符号の説明】

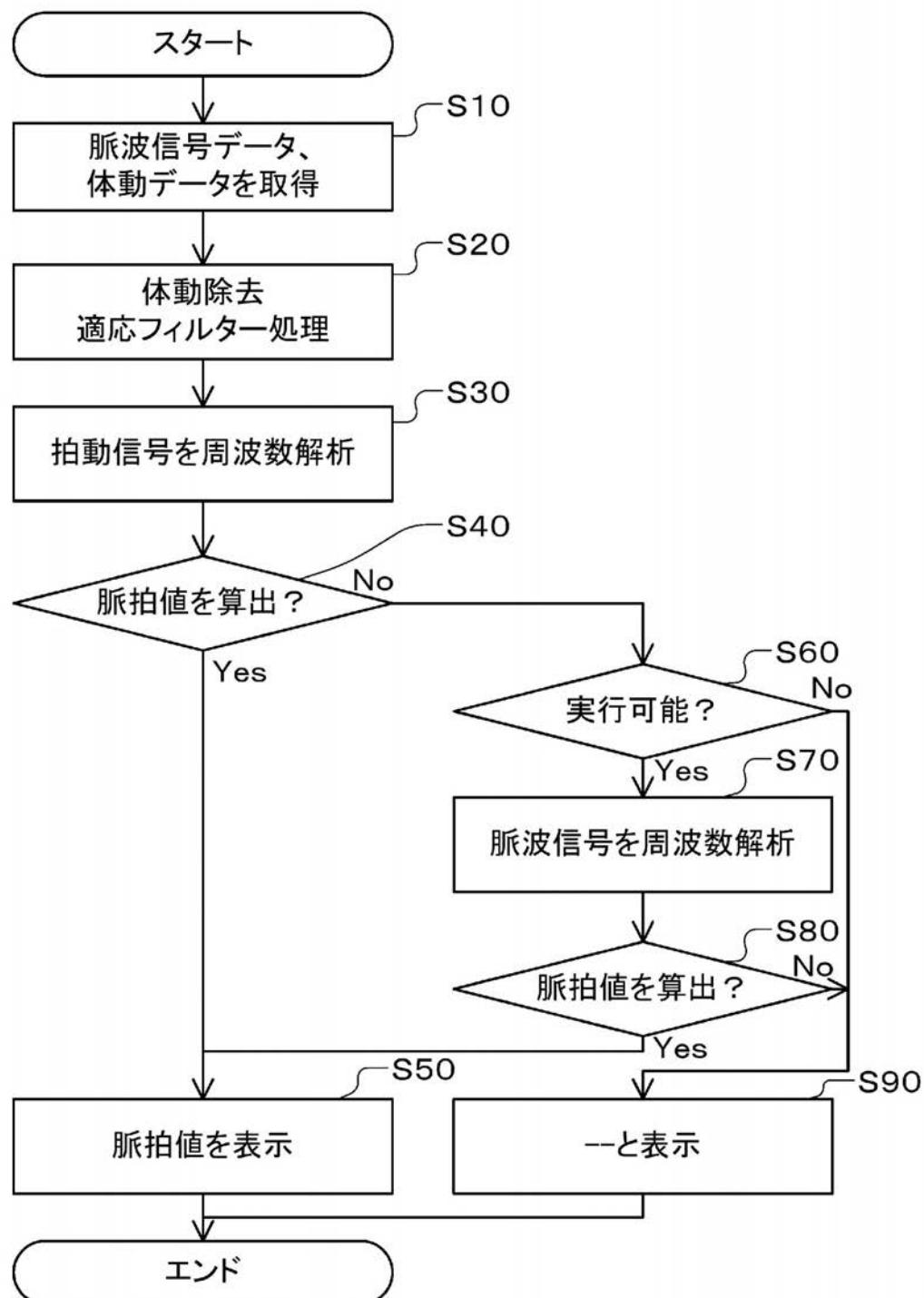
【0110】

2 ... 拍動検出装置 10 ... 脈波センサー 12 ... 脈波信号取得部 14 ... 体動影響成分
フィルタリング部 16 ... 第2脈波周波数解析部 18 ... 体動信号取得部 20 ... 第1脈
拍数算出判定部(脈拍数算出判定部) 22 ... 第1脈波周波数解析部 24 ... 脈波信号参
照可否判定部 26 ... 第2脈拍数算出判定部(脈拍数算出判定部) 28 ... 脈拍数表示部
30 ... 体動センサー 32 ... MPU 40 ... RAM 44 ... 装置本体 46 ... ケーブル
48 ... コネクターピース 50 ... コネクター部 52 ... リストバンド 54 ... センサー 10
固定用バンド 56 ... 時計ケース 58 ... 第1セグメント表示領域 60 ... 第2セグメン
ト表示領域 62 ... 第3セグメント表示領域 64 ... ドット表示領域 66 ... 制御部 6
8 ... 送受信回路 70 ... アンテナ回路 72 ... 入力装置 74 ~ 86 ... ボタンスイッチ
88 ... 電池 90 ... 張出部分 92 ... 圧電素子 96 ... 脈波データ処理部 98 ... ピッチ
データ処理部 100 ... クロック生成部 102 ... コントロール部 104 ... 脈波信号増
幅回路 106 ... 脈波波形整形回路 108 ... A / D 変換回路 110 ... 体動信号增幅回
路 112 ... 体動波形整形回路 114 ... 発振回路 116 ... 分周回路 118 ... ROM
。

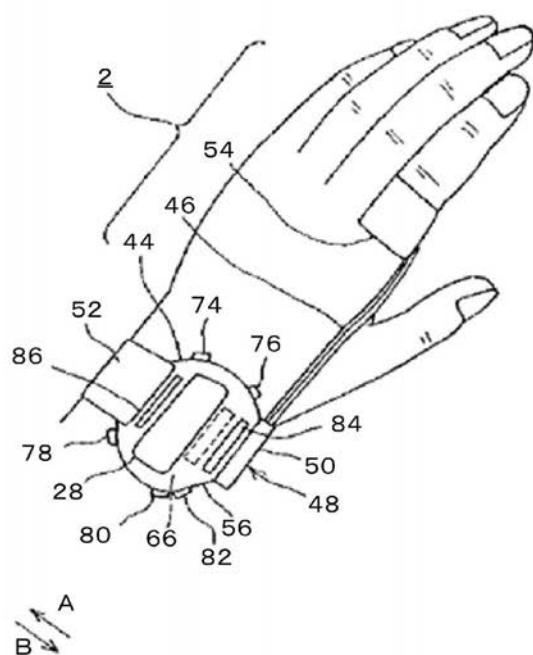
【図1】



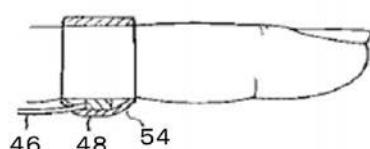
【図2】



【図3】

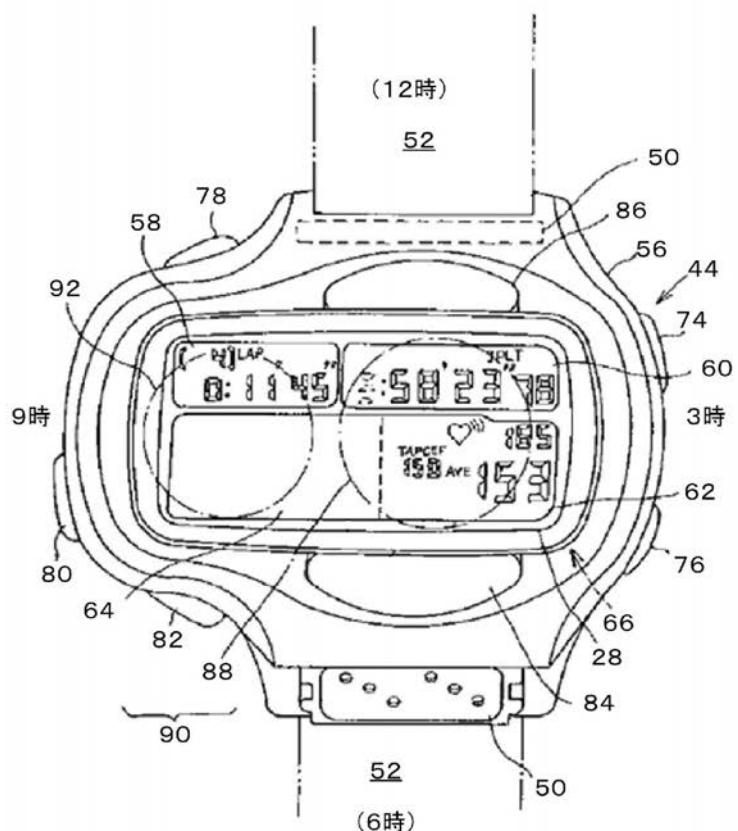


(A)

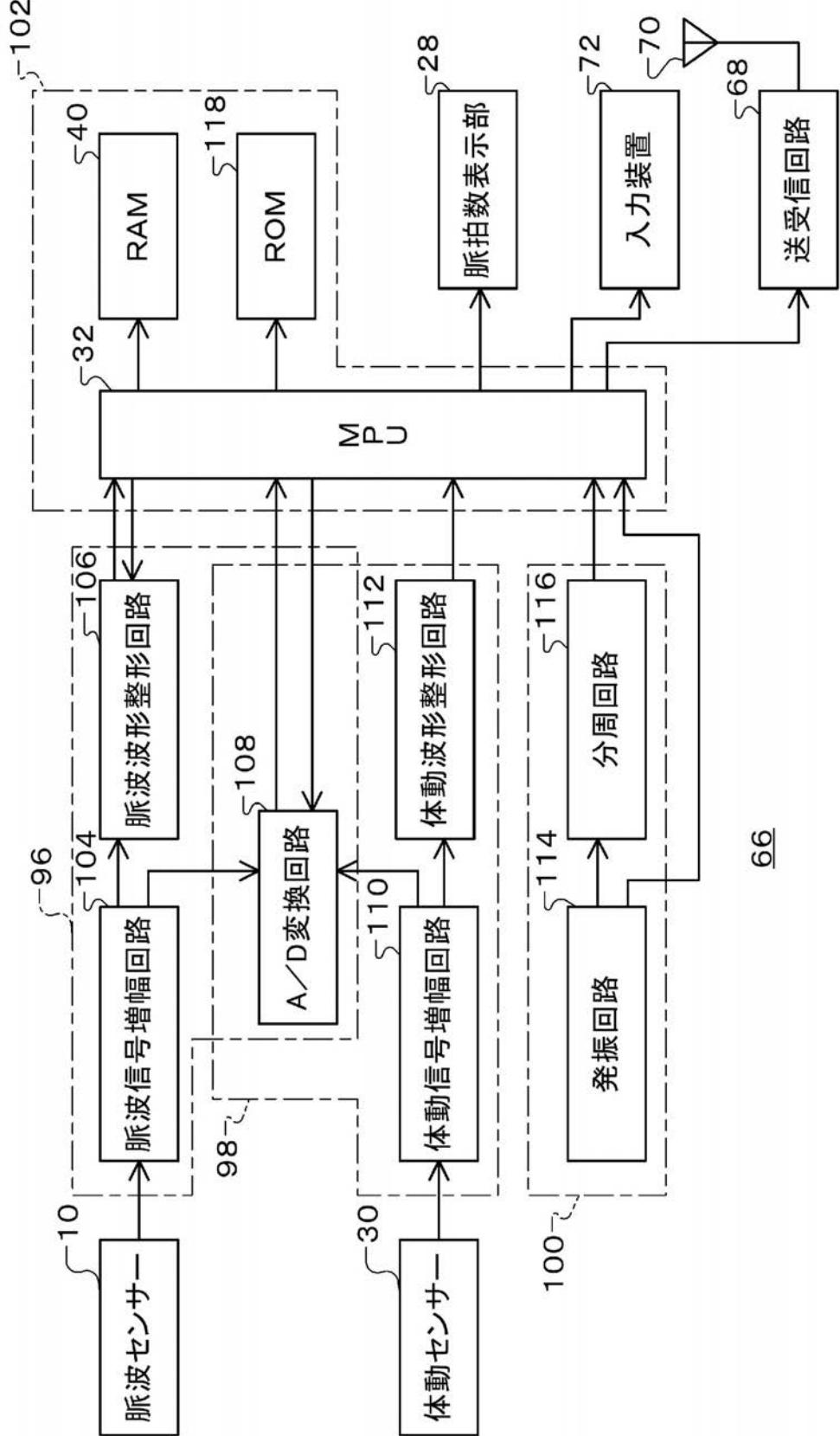


(B)

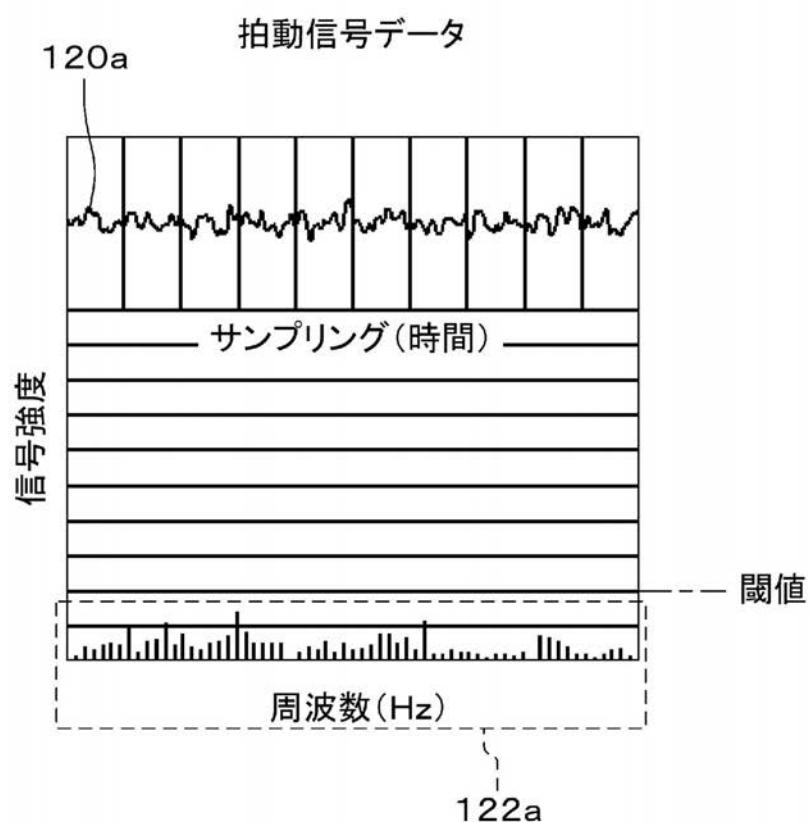
【図4】



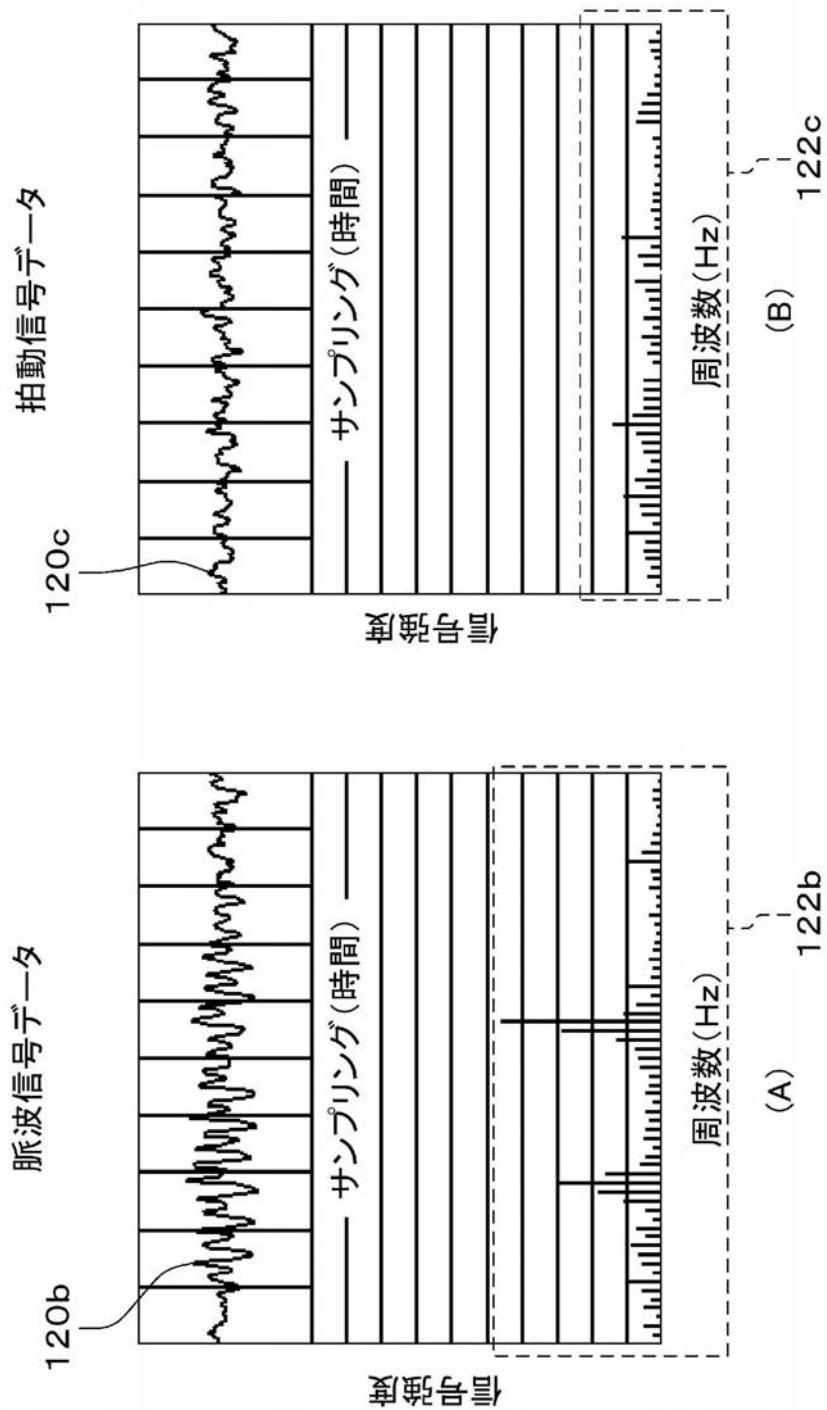
【図5】



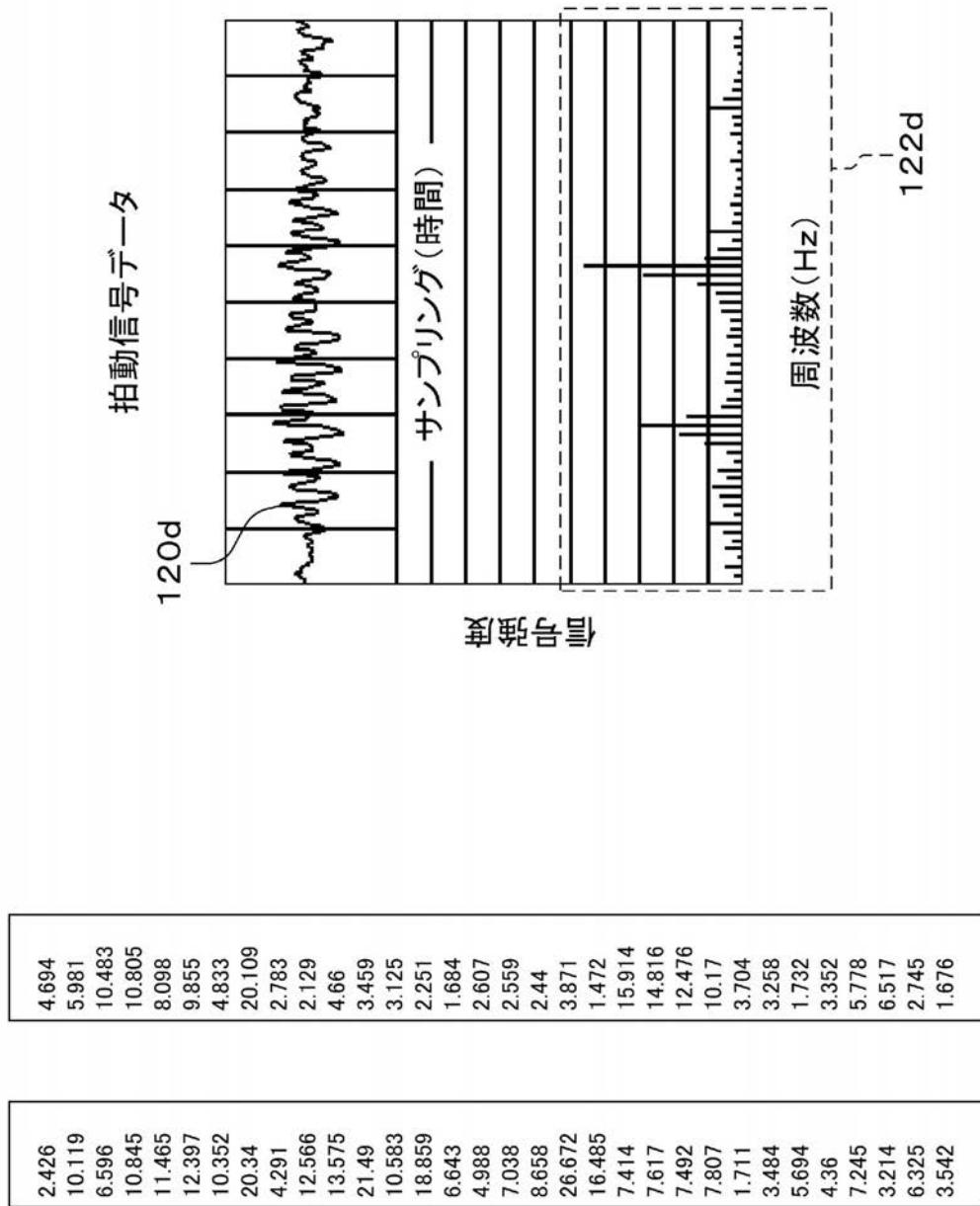
【図6】



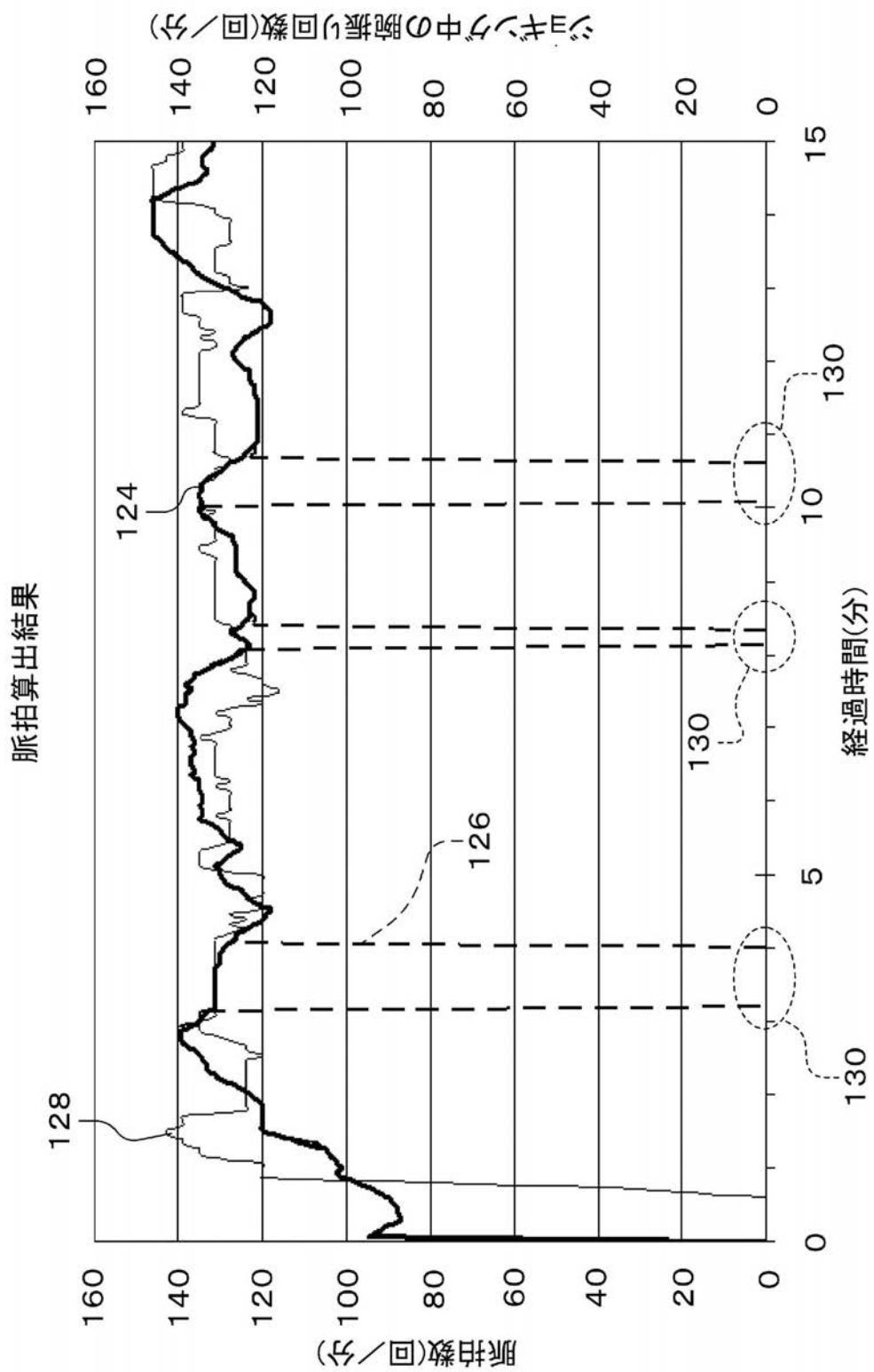
【図7】



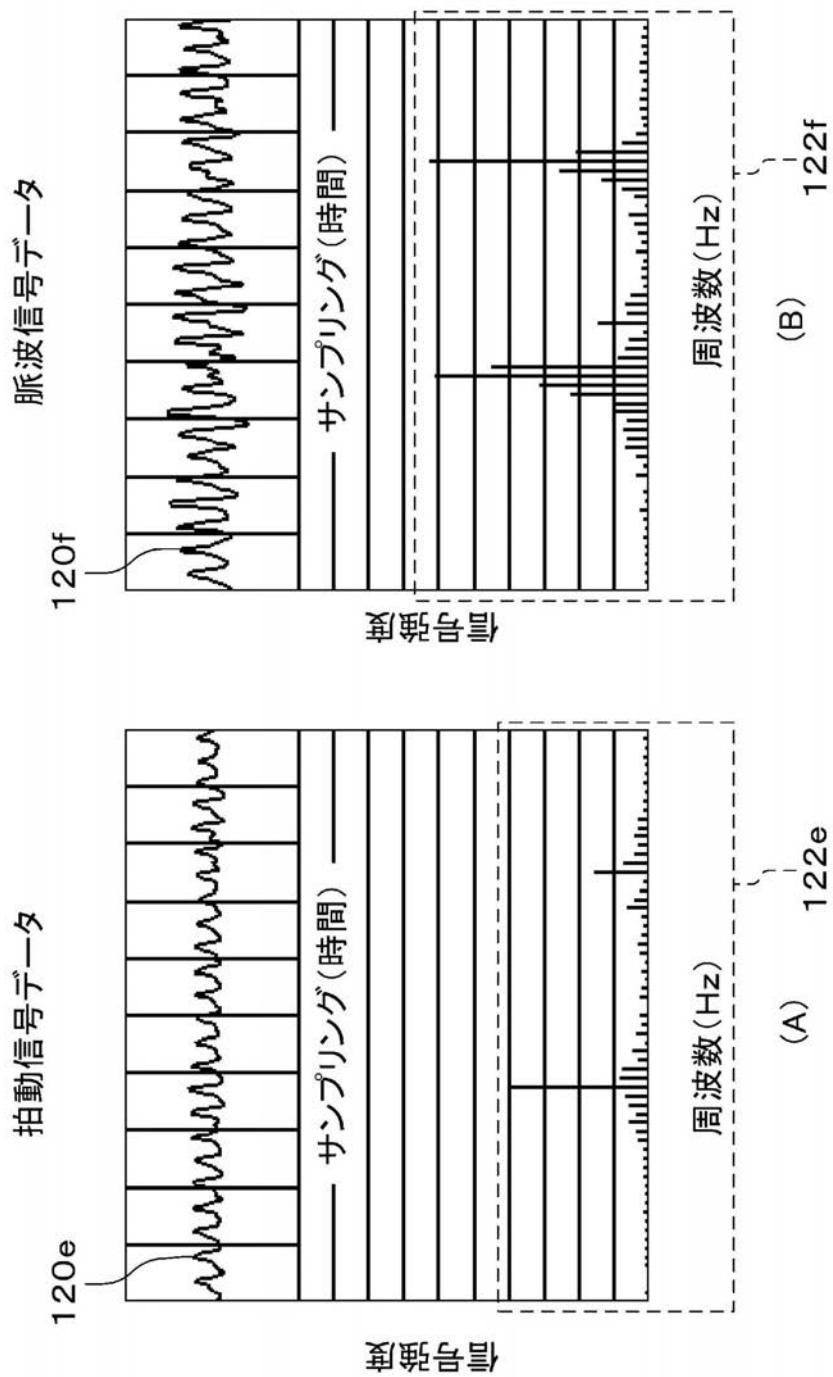
【図8】



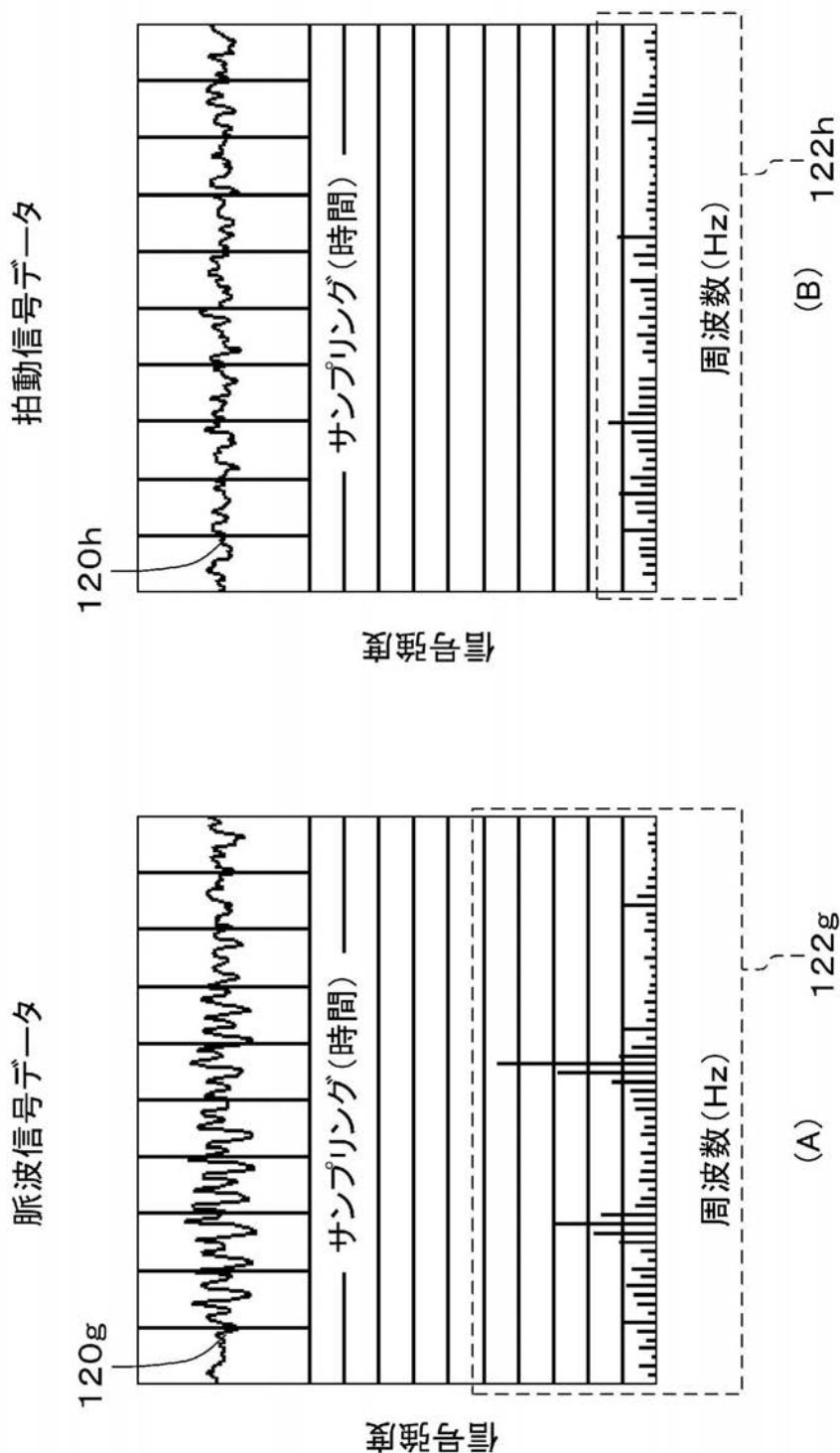
【図9】



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-258040(JP,A)
特開2009-195590(JP,A)
特開2005-160640(JP,A)
特開2005-198829(JP,A)
特開平11-276448(JP,A)
特開2001-008908(JP,A)
特開2005-131426(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 00 - 5 / 03