

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6740500号
(P6740500)

(45) 発行日 令和2年8月12日 (2020.8.12)

(24) 登録日 令和2年7月28日 (2020.7.28)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 5/02 (2006.01)

A 6 1 B 5/02 3 1 0 Z

A 6 1 B 5/0285 (2006.01)

A 6 1 B 5/0285 Z

A 6 1 B 5/145 (2006.01)

A 6 1 B 5/145

請求項の数 3 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2020-65937 (P2020-65937)
 (22) 出願日 令和2年4月1日 (2020.4.1)
 (62) 分割の表示 特願2016-77938 (P2016-77938)
 の分割
 原出願日 平成28年4月8日 (2016.4.8)
 (65) 公開番号 特開2020-108819 (P2020-108819A)
 (43) 公開日 令和2年7月16日 (2020.7.16)
 審査請求日 令和2年4月1日 (2020.4.1)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100132045
 弁理士 坪内 伸
 (72) 発明者 安島 弘美
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
 京セラ株式会社内

審査官 亀澤 智博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子機器及び推定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検者の脈波を取得するセンサ部と、
 血糖値及び該血糖値に対応付けられた脈波に基づいて作成された推定式と、前記センサ部が取得した前記被検者の脈波とに基づいて、前記被検者の血糖値を推定する制御部と、を備え、
 前記制御部は、
 脈波の前進波と反射波との大きさの比で表される指標 A I に基づいて、前記推定式を作成する、電子機器。

【請求項 2】

被検者の脈波を取得するセンサ部と、
 血糖値及び該血糖値に対応付けられた脈波に基づいて作成された推定式と、前記センサ部が取得した前記被検者の脈波とに基づいて、前記被検者の糖代謝を推定する制御部と、を備え、
 前記制御部は、
 脈波の前進波と反射波との大きさの比で表される指標 A I に基づいて、前記推定式を作成する、電子機器。

【請求項 3】

前記被検者の血糖値を測定する血糖計と、
 前記請求項 1 又は 2 に記載の電子機器と、

10

20

を備える推定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定された生体情報から、被検者の健康状態を推定する電子機器及び推定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被検者（ユーザ）の健康状態を推定する手段として血液成分の測定、血液の流動性の測定が行われている。これらは、被検者から採血された血液を用いて測定が行われる。また、被検者の手首等の被検部位から生体情報を測定する電子機器が知られている。例えば、特許文献1には、被検者が手首に装着することにより、被検者の脈拍を測定する電子機器が記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-360530号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

しかしながら、採血には痛みが伴うため、日常的に自身の健康状態を推定することが難しい。また、特許文献1に記載の電子機器は、脈拍を測定するだけのものであり、脈拍以外の被検者の健康状態を推定することはできない。

【0005】

かかる事情に鑑みてなされた本発明の目的は、簡便に被検者の健康状態を推定することができる電子機器及び推定システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明の一実施の形態に係る電子機器は、被検者の脈波を取得するセンサ部と、血糖値及び該血糖値に対応付けられた脈波に基づいて作成された推定式と、前記センサ部が取得した前記被検者の脈波とに基づいて、前記被検者の血糖値を推定する制御部と、を備え、前記制御部は、脈波の前進波と反射波との大きさの比で表される指標AIに基づいて、前記推定式を作成する。

30

【0007】

また、本発明の一実施の形態に係る電子機器は、被検者の脈波を取得するセンサ部と、血糖値及び該血糖値に対応付けられた脈波に基づいて作成された推定式と、前記センサ部が取得した前記被検者の脈波とに基づいて、前記被検者の糖代謝を推定する制御部と、を備え、前記制御部は、脈波の前進波と反射波との大きさの比で表される指標AIに基づいて、前記推定式を作成する。

【発明の効果】

40

【0008】

本発明によれば、簡便に被検者の健康状態を推定可能な電子機器及び推定システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1実施の形態に係る電子機器の概略構成を示す模式図である。

【図2】図1の本体部の概略構成を示す断面図である。

【図3】図1の電子機器の使用状態の一例を示す図である。

【図4】図1の電子機器の概略構成を示す機能ブロック図である。

【図5】図1の電子機器における、脈波の変化に基づく推定方法の一例を説明する図であ

50

る。

【図 6】加速度脈波の一例を示す図である。

【図 7】センサ部で取得された脈波の一例を示す図である。

【図 8】図 1 の電子機器における、脈波の変化に基づく推定方法の他の一例を説明する図である。

【図 9】図 1 の電子機器が用いる推定式の作成フロー図である。

【図 10】図 9 のフローにより作成された推定式を用いて被検者の食後の血糖値を推定するフロー図である。

【図 11】図 9 のフローにより作成された推定式を用いて推定した食後の血糖値と、実測した食後の血糖値との比較を示す図である。

10

【図 12】本発明の第 2 実施の形態に係る電子機器が用いる推定式の作成フロー図である。

【図 13】図 12 のフローにより作成された推定式を用いて被検者の食後の血糖値を推定するフロー図である。

【図 14】本発明の第 3 実施の形態に係る電子機器が用いる推定式の作成フロー図である。

【図 15】図 14 のフローにより作成された推定式を用いて被検者の食後の脂質値を推定するフロー図である。

【図 16】図 14 のフローにより作成された推定式を用いて推定した食後の脂質値と、実測した食後の脂質値との比較を示す図である。

20

【図 17】電子機器と血糖計との通信を模式的に示す図である。

【図 18】本発明の一実施の形態に係るシステムの概略構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0011】

(第 1 実施の形態)

図 1 は、本発明の第 1 実施の形態に係る電子機器の概略構成を示す模式図である。電子機器 100 は、装着部 110 と、測定部 120 とを備える。図 1 は、被検部に接触する裏面 120a から電子機器 100 を観察した図である。

30

【0012】

電子機器 100 は、被検者が電子機器 100 を装着した状態で、被検者の生体情報を測定する。電子機器 100 が測定する生体情報は、測定部 120 で測定可能な被検者の脈波である。本実施の形態においては、電子機器 100 は、一例として、被検者の手首に装着して、脈波を取得するものとして、以下説明を行う。

【0013】

本実施の形態において、装着部 110 は直線状の細長い帯状のバンドである。脈波の測定は、例えば被検者が電子機器 100 の装着部 110 を手首に巻きつけた状態で行われる。具体的には、被検者は、測定部 120 の裏面 120a が被検部位に接触するように装着部 110 を手首に巻きつけて、脈波の測定を行う。電子機器 100 は、被検者の手首において、尺骨動脈又は橈骨動脈を流れる血液の脈波を測定する。

40

【0014】

図 2 は、図 1 の測定部 120 の概略構成を示す断面図である。図 2 では、測定部 120 とともに、測定部 120 の周辺の装着部 110 についても図示している。

【0015】

測定部 120 は、装着時に被検者の手首に接触する裏面 120a と、裏面 120a と反対側の表面 120b とを有する。測定部 120 は、裏面 120a 側に開口部 111 を有する。センサ部 130 は、弾性体 140 が押圧されていない状態において、開口部 111 から裏面 120a 側に一端が突出した状態で、測定部 120 に支持される。センサ部 130 の一端には、脈波検出部 132 が備えられている。センサ部 130 の一端は、裏面 120a

50

の平面とほぼ垂直な方向に変位可能である。センサ部 130 の一端が変位可能なように、センサ部 130 の他端は、支持部 133 により測定部 120 に支持されている。

【0016】

センサ部 130 の一端は、弾性体 140 を介して測定部 120 と接触し、変位可能である。弾性体 140 は、例えばばねである。但し、弾性体 140 は、ばねに限らず、他の任意の弾性体、例えば樹脂、スポンジ等とすることができる。

【0017】

なお、図示しないが、測定部 120 には制御部、記憶部、通信部、電源部、報知部、及びこれらを動作させる回路、接続するケーブル等が配置されていてもよい。

【0018】

センサ部 130 は、センサ部 130 の変位を検出する角速度センサ 131 を備える。角速度センサ 131 はセンサ部 130 の角度変位を検出できればよい。センサ部 130 が備えるセンサは、角速度センサ 131 に限らず、例えば加速度センサ、角度センサ、その他のモーションセンサとしてもよいし、これら複数のセンサを備えていてもよい。

【0019】

電子機器 100 は、測定部 120 の表面 120b 側に、入力部 141 を備える。入力部 141 は、被検者からの操作入力を受け付けるものであり、例えば、操作ボタン（操作キー）から構成される。入力部 141 は、例えばタッチスクリーンにより構成されていてもよい。

【0020】

図 3 は、被検者による電子機器 100 の使用状態の一例を示す図である。被検者は、電子機器 100 を手首に巻きつけて使用する。電子機器 100 は、測定部 120 の裏面 120a が被検部に接触した状態で装着される。装着部 110 を手首に巻きつけた状態で、測定部 120 は、尺骨動脈又は橈骨動脈が存在する位置に脈あて部 132 が接触するように、その位置を調整できる。

【0021】

図 3 では、電子機器 100 の装着状態において、センサ部 130 の一端は、被検者の左手の親指側の動脈である橈骨動脈上の皮膚に接触している。測定部 120 とセンサ部 130 との間に配置される弾性体 140 の弾性力により、センサ部 130 の一端は、被検者の橈骨動脈上の皮膚に接触している。センサ部 130 は、被検者の橈骨動脈の動き、すなわち脈動に応じて変位する。角速度センサ 131 は、センサ部 130 の変位を検出することにより、脈波を取得する。脈波とは、血液の流入によって生じる血管の容積時間変化を体表面から波形としてとらえたものである。

【0022】

再び図 2 を参照すると、センサ部 130 は、弾性体 140 が押圧されていない状態において、開口部 111 から一端が突出した状態である。被検者に電子機器 100 を装着した際、センサ部 130 の一端は被検者の橈骨動脈上の皮膚に接触しており、脈動に応じて、弾性体 140 は伸縮し、センサ部 130 の一端は変位する。弾性体 140 は、脈動を妨げず、かつ脈動に応じて伸縮するように、適度な弾性率を有するものが用いられる。開口部 111 の開口幅 W は、血管径、本実施の形態では橈骨動脈径より十分大きい幅を有する。測定部 120 に開口部 111 を設けることにより、電子機器 100 の装着状態において、測定部 120 の裏面 120a は橈骨動脈を圧迫しない。そのため、電子機器 100 はノイズの少ない脈波の取得が可能となり、測定の精度が向上する。

【0023】

図 3 では、電子機器 100 を手首に装着し、橈骨動脈における脈波を取得する例を示したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、電子機器 100 は、被検者の首において、頸動脈を流れる血液の脈波を取得してもよい。具体的には、被検者は、脈あて部 132 を頸動脈の位置に軽く押し当てて、脈波の測定を行ってもよい。また、被検者は、脈あて部 132 が頸動脈の位置にくるように、装着部 110 を首に巻きつけて装着してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

図 4 は、電子機器 1 0 0 の概略構成を示す機能ブロック図である。電子機器 1 0 0 は、センサ部 1 3 0 と、入力部 1 4 1 と、制御部 1 4 3 と、電源部 1 4 4 と、記憶部 1 4 5 と、通信部 1 4 6 と、報知部 1 4 7 とを備える。本実施の形態では、制御部 1 4 3、電源部 1 4 4、記憶部 1 4 5、通信部 1 4 6 及び報知部 1 4 7 は、測定部 1 2 0 又は装着部 1 1 0 の内部に含まれる。

【 0 0 2 5 】

センサ部 1 3 0 は、角速度センサ 1 3 1 を含み、被検部位から脈動を検出して脈波を取得する。

【 0 0 2 6 】

制御部 1 4 3 は、電子機器 1 0 0 の各機能ブロックをはじめとして、電子機器 1 0 0 の全体を制御及び管理するプロセッサである。また、制御部 1 4 3 は、取得された脈波から、被検者の血糖値を推定するプロセッサである。制御部 1 4 3 は、制御手順を規定したプログラム及び被検者の血糖値を推定するプログラムを実行する CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサで構成され、かかるプログラムは、例えば記憶部 1 4 5 等の記憶媒体に格納される。また、制御部 1 4 3 は、算出した指標に基づいて、被検者の糖代謝又は脂質代謝等に関する状態を推定する。制御部 1 4 3 は、報知部 1 4 7 へのデータの報知を行ったりする。

【 0 0 2 7 】

電源部 1 4 4 は、例えばリチウムイオン電池並びにその充電及び放電のための制御回路等を備え、電子機器 1 0 0 全体に電力を供給する。

【 0 0 2 8 】

記憶部 1 4 5 は、プログラム及びデータを記憶する。記憶部 1 4 5 は、半導体記憶媒体、及び磁気記憶媒体等の任意の非一過的 (non-transitory) な記憶媒体を含んでよい。記憶部 1 4 5 は、複数の種類の記憶媒体を含んでよい。記憶部 1 4 5 は、メモリカード、光ディスク、又は光磁気ディスク等の可搬の記憶媒体と、記憶媒体の読み取り装置との組み合わせを含んでよい。記憶部 1 4 5 は、RAM (Random Access Memory) 等の一時的な記憶領域として利用される記憶デバイスを含んでよい。記憶部 1 4 5 は、各種情報や電子機器 1 0 0 を動作させるためのプログラム等を記憶するとともに、ワークメモリとしても機能する。記憶部 1 4 5 は、例えばセンサ部 1 3 0 により取得された脈波の測定結果を記憶してもよい。

【 0 0 2 9 】

通信部 1 4 6 は、外部装置と有線通信又は無線通信を行うことにより、各種データの送受信を行う。通信部 1 4 6 は、例えば、健康状態を管理するために被検者の生体情報を記憶する外部装置と通信を行い、電子機器 1 0 0 が測定した脈波の測定結果や、電子機器 1 0 0 が推定した健康状態を、当該外部装置に送信する。

【 0 0 3 0 】

報知部 1 4 7 は、音、振動、及び画像等で情報を報知する。報知部 1 4 7 は、スピーカ、振動子、及び液晶ディスプレイ (LCD: Liquid Crystal Display)、有機 EL ディスプレイ (OLED: Organic Electro-Luminescence Display)、又は無機 EL ディスプレイ (IELD: Inorganic Electro-Luminescence Display) 等の表示デバイスを備えていてもよい。本実施の形態において、報知部 1 4 7 は、例えば、被検者の糖代謝又は脂質代謝の状態を報知する。

【 0 0 3 1 】

電子機器 1 0 0 は、回帰分析により作成した推定式に基づいて、被検者の血糖値を推定する。電子機器 1 0 0 は、脈波に基づいて血糖値を推定するための推定式を、例えばあらかじめ記憶部 1 4 5 に記憶している。電子機器 1 0 0 は、これらの推定式を用いて、血糖値を推定する。

【 0 0 3 2 】

ここで、脈波に基づく血糖値の推定に関する推定理論について説明する。食後、血中の

10

20

30

40

50

血糖値が上昇することにより、血液の流動性の低下（粘性の増加）、血管の拡張及び循環血液量の増加が発生し、これらの状態が平衡するように血管動態及び血液動態が定まる。血液の流動性の低下は、例えば血漿の粘度が増加したり、赤血球の変形能が低下したりすることにより生じる。また、血管の拡張は、インスリンの分泌、消化ホルモンの分泌、及び体温の上昇等により生じる。血管が拡張すると、血圧低下を抑制するため、脈拍数が増加する。また、循環血液量の増加は、消化及び吸収のための血液消費を補うものである。これらの要因による、食前と食後との血管動態及び血液動態の変化は、脈波にも反映される。そのため、電子機器 100 は、脈波を取得し、取得した脈波の波形の変化に基づいて、血糖値を推定することができる。

【0033】

10

上記推定理論に基づき、血糖値を推定するための推定式は、複数の被験者から得た、食前及び食後の血糖値及び脈波のサンプルデータに基づいて、回帰分析を行うことで作成することができる。推定時には、被検者の脈波に基づく指標に、作成された推定式を適用することにより、被検者の血糖値を推定できる。推定式の作成において、特に、血糖値のばらつきが正規分布に近いサンプルデータを用いて回帰分析を行って推定式を作成することにより、食前又は食後にかかわらず、検査対象となる被検者の血糖値を推定することができる。

【0034】

図5は、脈波の変化に基づく推定方法の一例を説明する図であり、脈波の一例を示す。血糖値を推定するための推定式は、例えば脈波の立ち上がりを示す指標（立上り指標）S1と、AI（Augmentation Index）と、脈拍数PRとに関する回帰分析により作成される。

20

【0035】

立上り指標S1は、図5の領域D1で示す波形に基づいて導出される。具体的には、立上り指標S1は、脈波を2回微分して導出される加速度脈波における、最初の極大値に対する最初の極小値の比である。立上り指標S1は、例えば図6に一例として示す加速度脈波では、 $-b/a$ により表される。立上り指標S1は、食後における血液の流動性の低下、インスリンの分泌及び体温の上昇による血管の拡張（弛緩）等により、小さくなる。

【0036】

AIは、脈波の前進波と反射波との大きさの比で表される指標である。AIの導出方法について、図7を参照しながら説明する。図7は、電子機器100を用いて手首で取得された脈波の一例を示す図である。図7は、角速度センサ131を脈動の検知手段として用いた場合のものである。図7は、角速度センサ131で取得された角速度を時間積分したものであり、横軸は時間、縦軸は角度を表す。取得された脈波は、例えば被検者の体動が原因のノイズを含む場合があるので、DC（Direct Current）成分を除去するフィルタによる補正を行い、脈動成分のみを抽出してもよい。

30

【0037】

脈波の伝播は、心臓から押し出された血液による拍動が、動脈の壁や血液を伝わる現象である。心臓から押し出された血液による拍動は、前進波として手足の末梢まで届き、その一部は血管の分岐部、血管径の変化部等で反射され反射波として戻ってくる。AIは、この反射波の大きさを前進波の大きさを除いたものであり、 $AI_n = (P_{Rn} - P_{Sn}) / (P_{Fn} - P_{Sn})$ で表される。ここで、 AI_n は脈拍毎のAIである。AIは、例えば、脈波の測定を数秒間行い、脈拍毎の AI_n （ $n=1 \sim n$ の整数）の平均値 AI_{ave} を算出したものであってもよい。AIは、図5の領域D2で示す波形に基づいて導出される。AIは、食後における血液の流動性の低下及び体温上昇による血管の拡張等により、低くなる。

40

【0038】

脈拍数PRは、図5に示す脈波の周期 T_{PR} に基づいて導出される。脈拍数PRは、食後において上昇する。

【0039】

電子機器100は、これら立上り指標S1、AI及び脈拍数PRに基づいて作成した推

50

定式により、血糖値が推定可能である。

【 0 0 4 0 】

図 8 は、脈波の変化に基づく推定方法の他の一例を説明する図である。図 8 (a) は脈波を示し、図 8 (b) は図 8 (a) の脈波を F F T (高速フーリエ変換 : Fast Fourier Transform) した結果を示す。血糖値を推定するための推定式は、例えば F F T により導出される基本波及び高調波成分 (フーリエ係数) に関する回帰分析により作成される。図 8 (b) に示す F F T の結果におけるピーク値は、脈波の波形の変化に基づいて変化する。そのため、フーリエ係数に基づいて作成した推定式により、血糖値が推定可能である。

【 0 0 4 1 】

電子機器 1 0 0 は、上述した立上り指標 S 1、A I 及び脈拍数 P R、並びにフーリエ係数等に基づいて、推定式を使用して、被検者の血糖値を推定する。

10

【 0 0 4 2 】

ここで、電子機器 1 0 0 が、被検者の血糖値を推定する場合に用いる推定式の作成方法について説明する。推定式の作成は、電子機器 1 0 0 で実行される必要はなく、事前に別のコンピュータ等を用いて作成されてもよい。本明細書では、推定式を作成する機器を、推定式作成装置と称して説明する。作成された推定式は、被検者が電子機器 1 0 0 により血糖値の推定を行う前に、例えばあらかじめ記憶部 1 4 5 に記憶される。

【 0 0 4 3 】

図 9 は、図 1 の電子機器 1 0 0 が用いる推定式の作成フロー図である。推定式は、被験者の食前及び食後の脈波を脈波計を用いて測定するとともに、被験者の食前及び食後の血糖値を血糖計を用いて測定し、測定により取得したサンプルデータに基づいて、回帰分析を行うことにより作成される。なお、食前は、被験者の空腹時をいい、食後は、食後所定時間後の血糖値が上昇する時間 (例えば食事を開始してから 1 時間程度) をいう。取得するサンプルデータは、食前及び食後に限られず、血糖値の変動が大きい時間帯のデータであればよい。

20

【 0 0 4 4 】

推定式の作成において、まず、それぞれ血糖計及び脈波計により測定された、食前の被験者の血糖値及び血糖値に対応付けられた脈波に関する情報が推定式作成装置に入力される (ステップ S 1 0 1) 。

【 0 0 4 5 】

また、それぞれ血糖計及び脈波計により測定された、食後の被験者の血糖値及び血糖値に対応付けられた脈波に関する情報が推定式作成装置に入力される (ステップ S 1 0 2) 。ステップ S 1 0 1 及びステップ S 1 0 2 において入力される血糖値は、例えば採血を行うことにより、血糖計によって測定される。また、ステップ S 1 0 1 又はステップ S 1 0 2 において、各サンプルデータの被験者の年齢も入力される。

30

【 0 0 4 6 】

推定式作成装置は、ステップ S 1 0 1 及びステップ S 1 0 2 において入力されたサンプルデータのサンプル数が、回帰分析を行うために十分な N 以上となったか否かを判断する (ステップ S 1 0 3) 。サンプル数 N は適宜決定することができ、例えば 1 0 0 とすることができる。推定式作成装置は、サンプル数が N 未満であると判断した場合 (N o の場合) 、サンプル数が N 以上となるまで、ステップ S 1 0 1 及びステップ S 1 0 2 を繰り返す。一方、推定式作成装置は、サンプル数が N 以上となったと判断した場合 (Y e s の場合) 、ステップ S 1 0 4 に移行して、推定式の算出を実行する。

40

【 0 0 4 7 】

推定式の算出において、推定式作成装置は、入力された食前及び食後の脈波を解析する (ステップ S 1 0 4) 。本実施の形態では、推定式作成装置は、食前及び食後の脈波の立上り指標 S 1、A I 及び脈拍数 P R について解析を行う。なお、推定式作成装置は、脈波の解析として、F F T 解析を行ってもよい。

【 0 0 4 8 】

そして、推定式作成装置は、回帰分析を実行する (ステップ S 1 0 5) 。回帰分析にお

50

ける目的変数は、食後の血糖値である。また、回帰分析における説明変数は、ステップ S 1 0 1 又はステップ S 1 0 2 で入力された年齢と、ステップ S 1 0 4 で解析された食前及び食後の脈波の立上り指標 S 1、A I 及び脈拍数 P R とである。なお、推定式作成装置がステップ S 1 0 4 で F F T 解析を行う場合、説明変数は、例えば F F T 解析の結果として算出されるフーリエ係数であってもよい。

【 0 0 4 9 】

推定式作成装置は、回帰分析の結果に基づいて、食後の血糖値を推定するための推定式を作成する（ステップ S 1 0 6）。食後の血糖値を推定するための推定式の一例を下式（ 1 ）に示す。

【 0 0 5 0 】

【 数 1 】

$$GLa = -291.2 + 1.87 \times age + 0.75 \times BLG + 1.14 \times PRb - 0.05 \times PRa + 7.17 \times A Ib - 2.59 \times A Ia - 0.87 \times S Ib - 0.28 \times S Ia \quad (1)$$

【 0 0 5 1 】

式（ 1 ）において、G L a は、食後の血糖値を示す。また、a g e は年齢、P R b は食前の脈拍数 P R、A I b は食前の A I、S 1 b は食前の立上り指標 S 1、P R a は食後の脈拍数 P R、A I a は食後の A I、S 1 a は食後の立上り指標 S 1、B L G は、被検者が入力した（採血して測定した）血糖値を、それぞれ示す。被検者が入力する血糖値 B L G は、推定される血糖値 G L a とは異なるタイミングで測定された血糖値である。本実施形態においては、被検者が入力する血糖値 B L G は、食前に採血して測定された血糖値である。採血して測定された血糖値 B L G を推定式に用いることにより、血糖値の推定精度は向上する。

【 0 0 5 2 】

次に、推定式を用いた被検者の血糖値の推定のフローについて説明する。図 1 0 は、図 9 のフローにより作成された推定式を用いて被検者の食後の血糖値を推定するフロー図である。ここでは、被検者が、血糖計を用いて測定した食前の血糖値を、電子機器 1 0 0 の入力部 1 4 1 から入力する場合について説明する。

【 0 0 5 3 】

まず、電子機器 1 0 0 は、被検者による入力部 1 4 1 の操作に基づいて、被検者の年齢を入力する（ステップ S 2 0 1）。

【 0 0 5 4 】

また、電子機器 1 0 0 は、被検者による入力部 1 4 1 の操作に基づいて、被検者が血糖計を用いて測定した食前の血糖値を入力する（ステップ S 2 0 2）。

【 0 0 5 5 】

また、電子機器 1 0 0 は、被検者による操作に基づいて、被検者の食前の脈波を測定する（ステップ S 2 0 3）。

【 0 0 5 6 】

そして、電子機器 1 0 0 は、被検者が食事をした後、被検者による操作に基づいて、被検者の食後の脈波を測定する（ステップ S 2 0 4）。

【 0 0 5 7 】

次に、電子機器 1 0 0 は、測定した脈波を解析する（ステップ S 2 0 5）。具体的には、電子機器 1 0 0 は、例えば測定した脈波に関する立上り指標 S 1、A I 及び脈拍数 P R について解析を行う。

【 0 0 5 8 】

電子機器 1 0 0 は、ステップ S 2 0 2 で入力された食前の血糖値と、ステップ S 2 0 5 で解析した立上り指標 S 1、A I 及び脈拍数 P R と、被検者の年齢とを、例えば上述の式（ 1 ）に適用して、被検者の食後の血糖値を推定する（ステップ S 2 0 6）。推定された食後の血糖値は、例えば電子機器 1 0 0 の報知部 1 4 7 から被検者に報知される。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、図 9 のフローにより作成された推定式を用いて推定した食後の血糖値と、実測した食後の血糖値との比較を示す図である。図 1 1 に示すグラフでは、横軸に食後の血糖値の測定値（実測値）が、縦軸に食後の血糖値の推定値が示されている。なお、血糖値の測定値は、テルモ社製血糖測定器メディセーフフィット用いて測定された。図 1 1 に示すように、測定値と推定値とは、概ね $\pm 20\%$ の範囲内に含まれている。すなわち、推定式による推定精度は、 20% 以内であると言える。

【 0 0 6 0 】

このようにして、電子機器 1 0 0 は、被検者が採血して測定した食前の血糖値に基づいて、非侵襲かつ短時間で食後の血糖値を推定できる。本実施形態では、食前及び食後の血糖値及び脈波を用いて推定式を作成したが、推定式の実成はこれに限らず、食前又は食後のいずれか一方の血糖値及び脈波を用いて推定式を作成してもよい。また、電子機器 1 0 0 は、食後の血糖値に限らず、任意のタイミングにおける被検者の血糖値を推定してもよい。電子機器 1 0 0 は、任意のタイミングにおける血糖値についても、非侵襲かつ短時間で推定できる。

10

【 0 0 6 1 】

本実施の形態に係る電子機器 1 0 0 は、血糖値の推定においてステップ S 2 0 2 及びステップ S 2 0 3 で取得した被検者の食前の血糖値及び脈波に基づいて、記憶部 1 4 5 に記憶された推定式を更新してもよい。すなわち、電子機器 1 0 0 は、血糖値の推定に際して取得した食前の血糖値及び脈波を、推定式を更新するためのサンプルデータとして用いることができる。これにより、推定式は、被検者が血糖値の推定を行うたびに更新され、推定式を用いた食後の血糖値の推定精度が高まる。

20

【 0 0 6 2 】

（第 2 実施の形態）

第 1 実施の形態では、被験者の食前及び食後の血糖値及び脈波に基づいて推定式が作成される場合について説明した。第 2 実施の形態では、推定式が、被検者自身の食前及び食後の血糖値及び脈波に基づいて作成される場合の一例について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 1 2 は、本実施の形態に係る電子機器 1 0 0 が用いる推定式の作成フロー図である。本実施の形態では、推定式は、電子機器 1 0 0 により作成されるとして説明する。なお、推定式は、第 1 実施の形態で説明したように、電子機器 1 0 0 とは異なる推定式作成装置により作成されてもよい。

30

【 0 0 6 4 】

まず、電子機器 1 0 0 は、被検者による入力部 1 4 1 の操作に基づいて、被検者が血糖計を用いて測定した食前の血糖値を入力する（ステップ S 3 0 1 ）。

【 0 0 6 5 】

また、電子機器 1 0 0 は、被検者による操作に基づいて、被検者の食前の脈波を測定する（ステップ S 3 0 2 ）。

【 0 0 6 6 】

そして、電子機器 1 0 0 は、被検者が食事をした後、被検者による入力部 1 4 1 の操作に基づいて、被検者が血糖計を用いて測定した食後の血糖値を入力する（ステップ S 3 0 3 ）。ステップ S 3 0 1 及びステップ S 3 0 3 において入力される血糖値は、例えば被検者が採血を行うことにより、血糖計によって測定される。

40

【 0 0 6 7 】

また、電子機器 1 0 0 は、被検者による操作に基づいて、被検者の食後の脈波を測定する（ステップ S 3 0 4 ）。

【 0 0 6 8 】

電子機器 1 0 0 は、ステップ S 3 0 1 乃至ステップ S 3 0 4 において入力されたサンプルデータのサンプル数が、回帰分析を行うために十分な N 以上となったか否かを判断する（ステップ S 3 0 5 ）。サンプル数 N は適宜決定することができ、例えば 5 とすることが

50

できる。推定式作成装置は、サンプル数がN未満であると判断した場合（N o の場合）、サンプル数がN以上となるまで、ステップS 3 0 1乃至ステップS 3 0 4を繰り返す。一方、推定式作成装置は、サンプル数がN以上となったと判断した場合（Y e s の場合）、ステップS 3 0 6に移行して、推定式の算出を実行する。

【 0 0 6 9 】

ステップS 3 0 6乃至ステップS 3 0 8における推定式の算出方法は、図9のステップS 1 0 4乃至ステップS 1 0 6と同様であるため、ここではその詳細な説明を省略する。図12に示すフローにより電子機器100が作成する推定式は、例えば式（1）において、各係数がそれぞれ異なる式である。

【 0 0 7 0 】

10

次に、推定式を用いた被検者の血糖値の推定のフローについて説明する。図13は、図12のフローにより作成された推定式を用いて被検者の食後の血糖値を推定するフロー図である。ここでは、被検者が、血糖計を用いて測定した血糖値を、電子機器100の入力部141から入力する場合について説明する。

【 0 0 7 1 】

まず、電子機器100は、被検者による入力部141の操作に基づいて、被検者の年齢を入力する（ステップS 4 0 1）。

【 0 0 7 2 】

また、電子機器100は、被検者による入力部141の操作に基づいて、被検者が血糖計を用いて測定した食前の血糖値を入力する（ステップS 4 0 2）。

20

【 0 0 7 3 】

また、電子機器100は、被検者による操作に基づいて、被検者の食前の脈波を測定する（ステップS 4 0 3）。

【 0 0 7 4 】

そして、電子機器100は、被検者が食事をした後、被検者による操作に基づいて、被検者の食後の脈波を測定する（ステップS 4 0 4）。

【 0 0 7 5 】

次に、電子機器100は、測定した脈波を解析する（ステップS 4 0 5）。具体的には、電子機器100は、例えば測定した脈波に関する立上り指標S 1、A I及び脈拍数P Rについて解析を行う。

30

【 0 0 7 6 】

電子機器100は、ステップS 4 0 5で解析した立上り指標S 1、A I及び脈拍数P Rと、被検者の年齢とを、図12のフロー図で作成した推定式に適用して、被検者の食後の血糖値を推定する（ステップS 4 0 6）。推定された食後の血糖値は、例えば電子機器100の報知部147から被検者に報知される。

【 0 0 7 7 】

このようにして、電子機器100は、被検者が採血して測定した食前の血糖値に基づいて、非侵襲かつ短時間で食後の血糖値を推定できる。本実施の形態では、食後の血糖値を推定するための推定式は、被検者から取得したサンプルデータに基づいて作成されているため、当該被検者の食後の血糖値の推定精度が向上する。

40

【 0 0 7 8 】

本実施の形態に係る電子機器100についても、第1実施の形態で説明したのと同様に、血糖値の推定においてステップS 4 0 2及びステップS 4 0 3で取得した被検者の食前の血糖値及び脈波に基づいて、記憶部145に記憶された推定式を更新してもよい。これにより、推定式は、被検者が血糖値の推定を行うたびに更新され、推定式を用いた食後の血糖値の推定精度が高まる。

【 0 0 7 9 】

また、電子機器100は、被検者から十分なサンプル数のサンプルデータが収集できた場合には、採血して測定した血糖値を用いずに、被検者の脈波に基づいて、血糖値を推定してもよい。例えば、電子機器100は、被検者の食前の脈波に基づいて、被検者の食前

50

の血糖値を推定する。このようにすると、被検者が電子機器 100 を用いて食前の脈波を測定することにより、電子機器 100 は、食前の脈波に基づいた推定式を用いて、被検者の食前の血糖値を推定できる。この場合、電子機器 100 は、食前の血糖値についても、非侵襲かつ短時間で推定できる。なお、十分なサンプルデータとは、食前の脈波に基づいて被検者の食前の血糖値を所定の精度以上の精度で推定可能な推定式が作成され得る程度の量のデータをいう。また、推定する血糖値は、食前に限らず、食後の脈波に基づいて、食後の血糖値を推定してもよい。また、推定する血糖値は、食事前後に限らず、任意のタイミングで測定された脈波に基づいて、任意のタイミングにおける血糖値を推定してもよい。

【0080】

10

(第3実施の形態)

第1実施の形態では、電子機器 100 が被検者の食後の血糖値を推定する場合について説明した。第3実施の形態では、電子機器 100 が被検者の食後の脂質値を推定する場合の一例について説明する。ここで、脂質値は、中性脂肪、総コレステロール、HDLコレステロール及びLDLコレステロール等を含む。本実施の形態の説明において、第1実施の形態と同様の点については、適宜その説明を省略する。

【0081】

電子機器 100 は、脈波に基づいて脂質値を推定するための推定式を、例えばあらかじめ記憶部 145 に記憶している。電子機器 100 は、これらの推定式を用いて、脂質値を推定する。

20

【0082】

脈波に基づく脂質値の推定に関する推定理論については、第1実施の形態において説明した血糖値の推定理論と同様である。すなわち、血中の脂質値の変化は脈波の波形の変化にも反映される。そのため、電子機器 100 は、脈波を取得し、取得した脈波の変化に基づいて、脂質値を推定することができる。電子機器 100 は、脂質推定時の脈波と共に血糖値を入力することにより、脂質値の推定精度が向上する。

【0083】

図14は、本実施の形態に係る電子機器 100 が用いる推定式の作成フロー図である。本実施の形態においても、推定式は、サンプルデータに基づいて、回帰分析を行うことにより作成される。本実施の形態では、サンプルデータとして、食前の脈波、脂質値及び血糖値に基づいて、推定式が作成される。本実施の形態において、食前は、被験者の空腹時をいう。また、食後は、食後所定時間後の脂質値が高くなる時間（例えば食事を開始してから3時間程度）をいう。推定式の作成において、特に、脂質値のばらつきが正規分布に近いサンプルデータを用いて回帰分析を行って推定式を作成することにより、食前又は食後にかかわらず、検査対象となる被検者の任意のタイミングでの脂質値を推定することができる。

30

【0084】

推定式の作成において、まず、それぞれ血糖計、脈波計及び脂質測定装置により測定された、食前の被験者の血糖値、並びに血糖値に対応付けられた脈波及び脂質値に関する情報が推定式作成装置に入力される（ステップ S501）。

40

【0085】

また、それぞれ血糖計、脈波計及び脂質測定装置により測定された、食後の被験者の血糖値、並びに血糖値に対応付けられた脈波及び脂質値に関する情報が推定式作成装置に入力される（ステップ S502）。ステップ S501 及びステップ S502 において入力される血糖値は、例えば採血を行うことにより、血糖計によって測定される。また、ステップ S501 又はステップ S502 において、各サンプルデータの被験者の年齢も入力される。

【0086】

推定式作成装置は、ステップ S501 及びステップ S502 において入力されたサンプルデータのサンプル数が、回帰分析を行うために十分な N 以上となったか否かを判断する

50

(ステップS503)。サンプル数Nは適宜決定することができ、例えば100とすることができる。推定式作成装置は、サンプル数がN未満であると判断した場合(N oの場合)、サンプル数がN以上となるまで、ステップS501及びステップS502を繰り返す。一方、推定式作成装置は、サンプル数がN以上となったと判断した場合(Y e sの場合)、ステップS504に移行して、推定式の算出を実行する。

【0087】

推定式の算出において、推定式作成装置は、入力された食前及び食後の脈波を解析する(ステップS504)。本実施の形態では、推定式作成装置は、食前及び食後の脈波の立上り指標S1、AI及び脈拍数PRについて解析を行う。なお、推定式作成装置は、脈波の解析として、FFT解析を行ってもよい。

10

【0088】

そして、推定式作成装置は、回帰分析を実行する(ステップS505)。回帰分析における目的変数は、食後の脂質値である。また、回帰分析における説明変数は、ステップS501又はステップS502で入力された年齢と、ステップS504で解析された食前及び食後の脈波の立上り指標S1、AI及び脈拍数PRとである。なお、推定式作成装置がステップS504でFFT解析を行う場合、説明変数は、例えばFFT解析の結果として算出されるフーリエ係数であってもよい。

【0089】

推定式作成装置は、回帰分析の結果に基づいて、食後の脂質値を推定するための推定式を作成する(ステップS506)。

20

【0090】

次に、推定式を用いた被検者の脂質値の推定のフローについて説明する。図15は、図14のフローにより作成された推定式を用いて被検者の食後の脂質値を推定するフロー図である。ここでは、被検者が、血糖計を用いて測定した血糖値を、電子機器100の入力部141から入力する場合について説明する。

【0091】

まず、電子機器100は、被検者による入力部141の操作に基づいて、被検者の年齢を入力する(ステップS601)。

【0092】

また、電子機器100は、被検者による入力部141の操作に基づいて、被検者が血糖計を用いて測定した食前の血糖値を入力する(ステップS602)。

30

【0093】

また、電子機器100は、被検者による操作に基づいて、被検者の食前の脈波を測定する(ステップS603)。

【0094】

そして、電子機器100は、被検者が食事をした後、被検者による操作に基づいて、被検者が血糖計を用いて測定した食後の血糖値を入力する(ステップS604)。

【0095】

また、電子機器100は、被検者による操作に基づいて、被検者の食後の脈波を測定する(ステップS605)。

40

【0096】

次に、電子機器100は、測定した脈波を解析する(ステップS606)。具体的には、電子機器100は、例えば測定した脈波に関する立上り指標S1、AI及び脈拍数PRについて解析を行う。

【0097】

電子機器100は、ステップS606で解析した立上り指標S1、AI及び脈拍数PRと、被検者の年齢とを、図14のフロー図で作成した推定式に適用して、被検者の食後の脂質値を推定する(ステップS607)。推定された食後の脂質値は、例えば電子機器100の報知部147から被検者に報知される。

【0098】

50

図16は、図14のフローにより作成された推定式を用いて推定した食後の脂質値と、実測した食後の脂質値との比較を示す図である。図16に示すグラフでは、横軸に食後の脂質値の測定値（実測値）が、縦軸に食後の脂質値の推定値が示されている。なお、脂質値の測定値は、ロシュ・ダイアグノスティックス社製のコバスb101を用いて測定された。図16に示すように、測定値と推定値とは、概ね $\pm 20\%$ の範囲内に含まれている。すなわち、推定式による推定精度は、 20% 以内であると言える。

【0099】

このようにして、電子機器100は、被検者が採血して測定した食前及び食後の血糖値に基づいて、食後の脂質値を推定できる。

【0100】

また、電子機器100は、食前及び食後の血糖値を用いて脂質値を推定する。そのため、電子機器100は、食後において血糖値が脈波に与える影響を補正（除去）して、脂質値を推定することができる。これにより、電子機器100によれば、脂質値の推定精度が向上する。

【0101】

本実施形態では、食前及び食後の血糖値、脈波、脂質値を用いて推定式を作成したが、推定式の作成はこれに限らず、食前又は食後のいずれか一方の血糖値、脈波、脂質値を用いて推定式を作成してもよい。また、電子機器100は、食後の脂質値に限らず、任意のタイミングにおける被検者の脂質値を推定してもよい。電子機器100は、任意のタイミングにおける脂質値についても、非侵襲かつ短時間で推定できる。

【0102】

本実施の形態に係る電子機器100についても、第1実施の形態で説明したのと同様に、脂質値の推定においてステップS602乃至ステップS605で取得した被検者の食前の血糖値及び脈波と、食後の血糖値及び脈波とに基づいて、記憶部145に記憶された推定式を更新してもよい。これにより、推定式は、被検者が血糖値の推定を行うたびに更新され、推定式を用いた食後の脂質値の推定精度が高まる。

【0103】

なお、上記第1及び第2実施の形態では、電子機器100を用いて食後の血糖値を推定させる際に、被検者が、血糖計を用いて測定した食前の血糖値を、電子機器100の入力部141を使用して入力する場合の例について説明した。しかしながら、食前の血糖値は、例えば血糖計から電子機器100に自動的に入力されてもよい。

【0104】

図17は、電子機器100と血糖計160との通信を模式的に示す図である。血糖計160は、通信部を備え、電子機器100の通信部146を介して、情報を送受信可能である。血糖計160は、例えば、被検者の操作に基づいて血糖値（食前の血糖値）を測定した場合、測定結果としての血糖値を電子機器100に送信する。電子機器100は、血糖計160から取得した血糖値を用いて、例えば図10又は図13等に記載したフローによって、被検者の食後の血糖値を推定する。

【0105】

なお、第3実施の形態の場合も同様に、電子機器100は、通信可能な血糖計160から血糖値を取得してもよい。この場合、電子機器100は、血糖計160から取得した血糖値に基づいて、脂質値を推定できる。

【0106】

また、上記実施の形態では、血糖値及び脂質値の推定を電子機器100が実行する場合の例について説明したが、血糖値及び脂質値の推定は、必ずしも電子機器100によって実行されなくてもよい。血糖値及び脂質値の推定を、電子機器100以外の他の装置が実行する場合の一例について説明する。

【0107】

図18は、本発明の一実施の形態に係るシステムの概略構成を示す模式図である。図18に示した実施の形態のシステムは、電子機器100と、サーバ151と、携帯端末15

10

20

30

40

50

0 と、通信ネットワークを含んで構成される。図 18 に示したように、電子機器 100 が測定した脈波は、通信ネットワークを通じてサーバ 151 に送信され、被検者の個人情報としてサーバ 151 に保存される。サーバ 151 では、被検者の過去の取得情報や、様々なデータベースと比較することにより、被検者の血糖値又は脂質値を推定する。サーバ 151 はさらに被検者に最適なアドバイスを作成してもよい。サーバ 151 は、被検者が所有する携帯端末 150 に推定結果及びアドバイスを返信する。携帯端末 150 は受信した推定結果及びアドバイスを携帯端末 150 の表示部から報知する、というシステムを構築することができる。電子機器 100 の通信機能を利用することで、サーバ 151 には複数の利用者からの情報を収集することができるため、さらに推定の精度が上がる。また、携帯端末 150 を報知手段として用いるため、電子機器 100 は報知部 147 が不要となり、さらに小型化される。また、被検者の血糖値又は脂質値の推定をサーバ 151で行うために、電子機器 100 の制御部 143 の演算負担を軽減できる。また、被検者の過去の取得情報をサーバ 151 で保存できるために、電子機器 100 の記憶部 145 の負担を軽減できる。そのため、電子機器 100 はさらに小型化、簡略化が可能となる。また、演算の処理速度も向上する。

10

【0108】

本実施の形態に係るシステムはサーバ 151 を介して、電子機器 100 と携帯端末 150 とを通信ネットワークで接続した構成を示したが、本発明に係るシステムはこれに限定されるものではない。サーバ 151 を用いずに、電子機器 100 と携帯端末 150 を直接通信ネットワークで接続して構成してもよい。

20

【0109】

本発明を完全かつ明瞭に開示するために特徴的な実施例に関し記載してきた。しかし、添付の請求項は、上記実施の形態に限定されるべきものでなく、本明細書に示した基礎的事項の範囲内で当該技術分野の当業者が創作しうるすべての変形例及び代替可能な構成を具現化するように構成されるべきである。

【0110】

例えば、上述の実施の形態においては、センサ部 130 に角速度センサ 131 を備える場合について説明したが、本発明に係る電子機器 100 はこれに限ることはない。センサ部 130 は、発光部と受光部からなる光学脈波センサを備えていてもよいし、圧力センサを備えていてもよい。また、電子機器 100 の装着は手首に限らない。首、足首、太もも、耳等、動脈上にセンサ部 130 が配置されていればよい。

30

【符号の説明】

【0111】

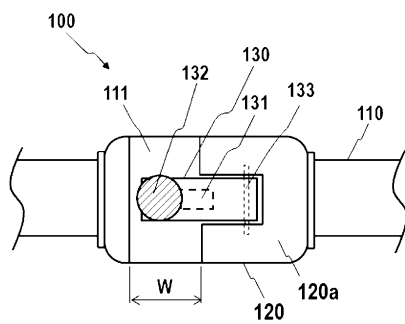
- 100 電子機器
- 110 装着部
- 120 測定部
- 120a 裏面
- 120b 表面
- 111 開口部
- 130 センサ部
- 131 角速度センサ
- 132 脈あて部
- 133 支持部
- 140 弾性体
- 141 入力部
- 143 制御部
- 144 電源部
- 145 記憶部
- 146 通信部
- 147 報知部

40

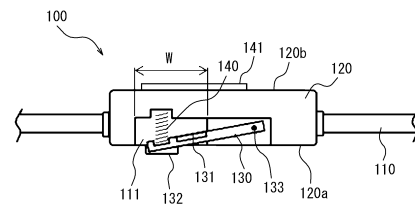
50

1 5 0 携帯端末
1 5 1 サーバ
1 6 0 血糖計

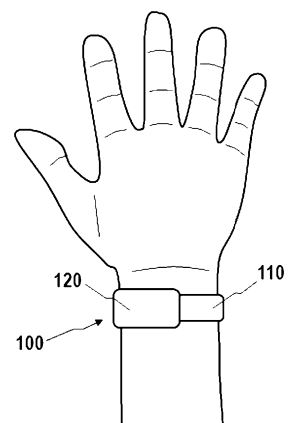
【図 1】



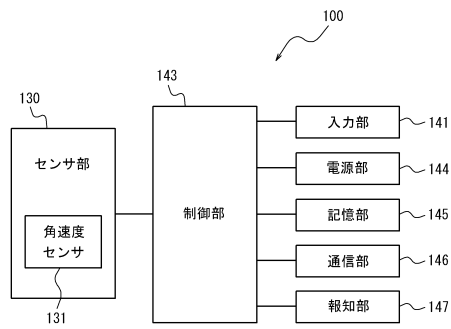
【図 2】



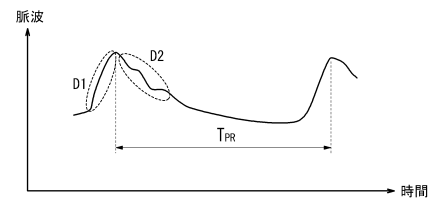
【図 3】



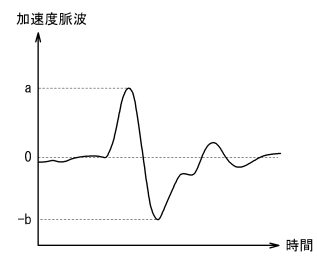
【図 4】



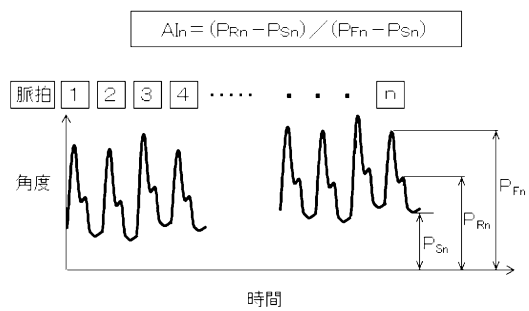
【図 5】



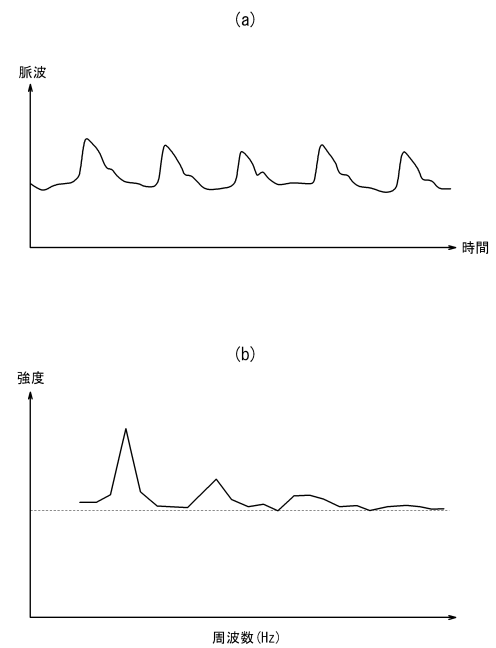
【図 6】



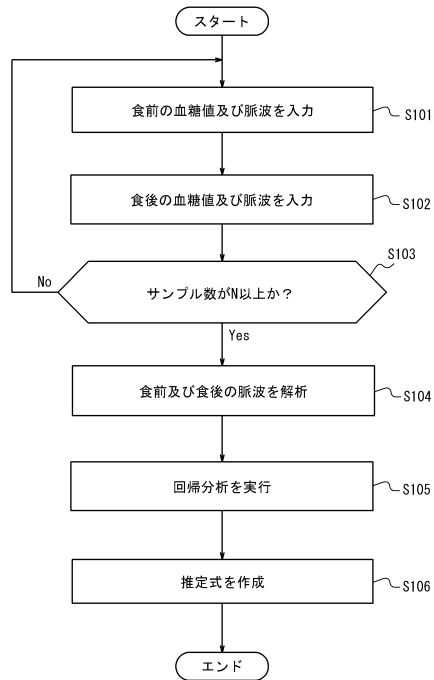
【図 7】



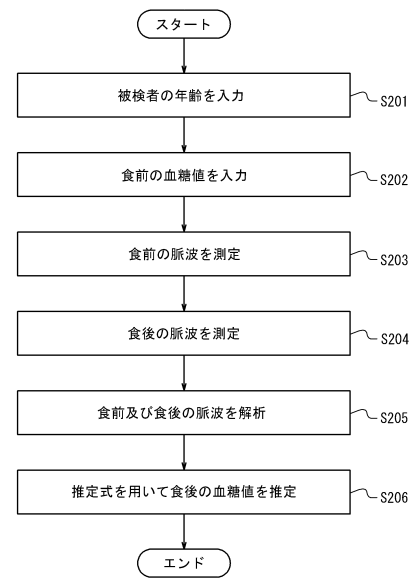
【図 8】



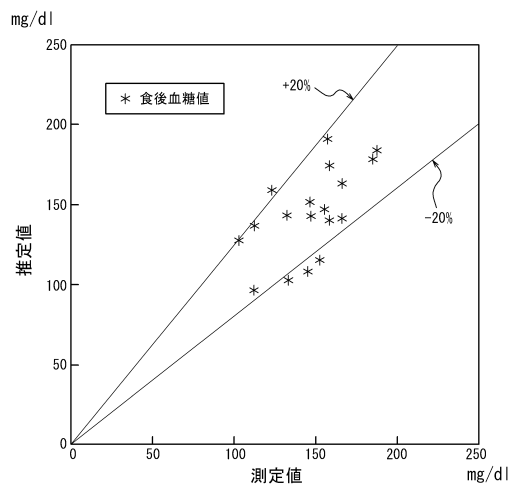
【図 9】



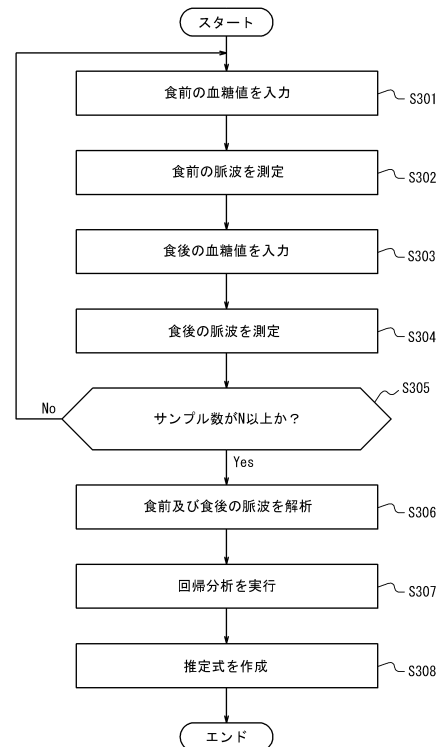
【図 10】



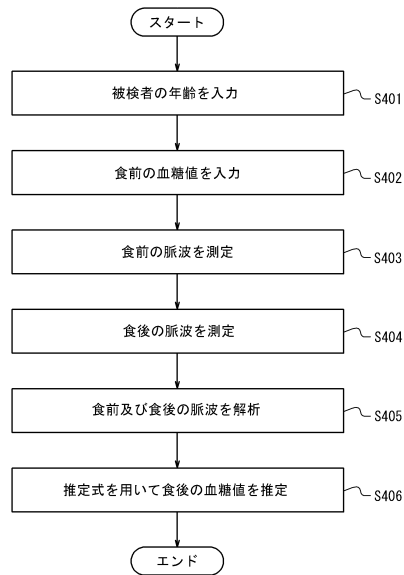
【図 11】



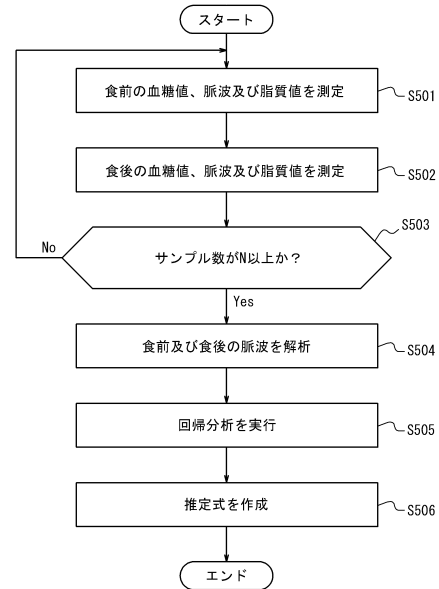
【図 12】



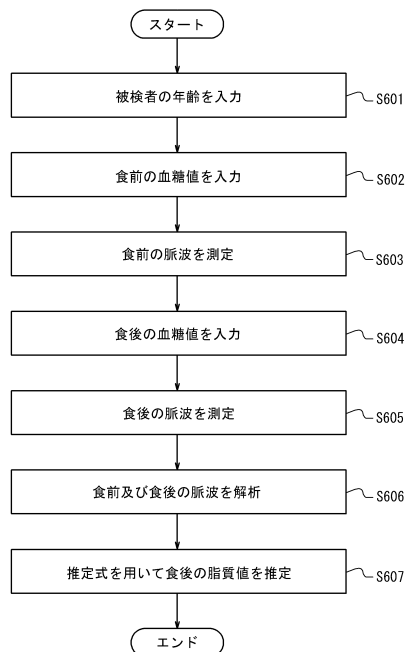
【図 13】



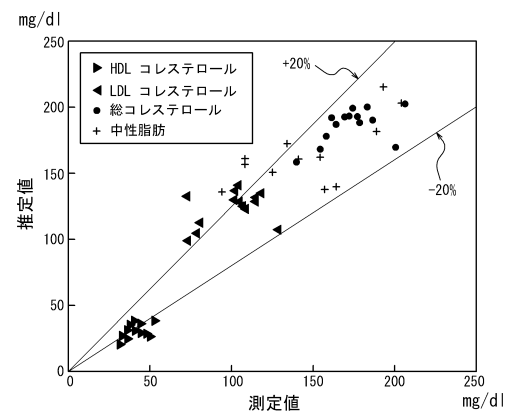
【図 14】



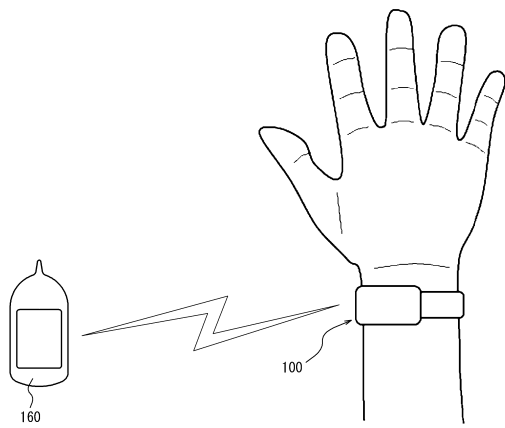
【図 15】



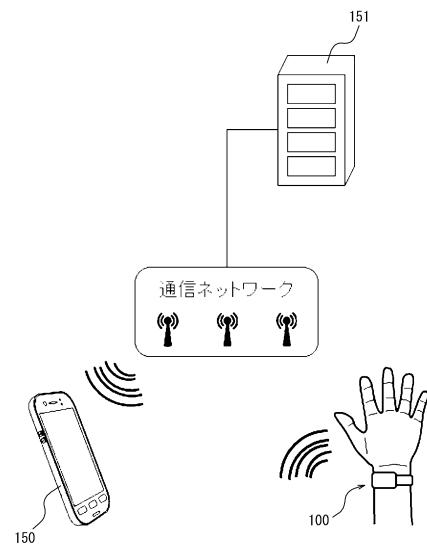
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2016/147795(WO, A1)
国際公開第2010/128500(WO, A2)
特表2010-510010(JP, A)
特開2012-019834(JP, A)
特開2004-113434(JP, A)
特開平10-328170(JP, A)
米国特許出願公開第2016/0058308(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 5/00 - 5/157