

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6413574号  
(P6413574)

(45) 発行日 平成30年10月31日 (2018.10.31)

(24) 登録日 平成30年10月12日 (2018.10.12)

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| (51) Int.Cl.                  | F 1                  |
| <b>A 6 1 B 5/22 (2006.01)</b> | A 6 1 B 5/22 Z DM    |
| <b>A 6 1 B 5/11 (2006.01)</b> | A 6 1 B 5/11 2 0 0   |
| <b>A 6 1 B 5/02 (2006.01)</b> | A 6 1 B 5/02 3 1 0 F |
|                               | A 6 1 B 5/22 1 0 0   |

請求項の数 11 (全 32 頁)

|           |                              |           |                               |
|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2014-203097 (P2014-203097) | (73) 特許権者 | 000002369                     |
| (22) 出願日  | 平成26年10月1日 (2014.10.1)       |           | セイコーエプソン株式会社                  |
| (65) 公開番号 | 特開2016-67812 (P2016-67812A)  |           | 東京都新宿区新宿四丁目1番6号               |
| (43) 公開日  | 平成28年5月9日 (2016.5.9)         | (74) 代理人  | 100104710                     |
| 審査請求日     | 平成29年9月29日 (2017.9.29)       |           | 弁理士 竹腰 昇                      |
|           |                              | (74) 代理人  | 100090479                     |
|           |                              |           | 弁理士 井上 一                      |
|           |                              | (74) 代理人  | 100124682                     |
|           |                              |           | 弁理士 黒田 泰                      |
|           |                              | (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 |
|           |                              | (72) 発明者  | 中村 英典                         |
|           |                              |           | 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 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 活動状態情報検出装置及び活動状態情報検出装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ユーザーの脈波情報を測定する脈波測定部と、  
 前記ユーザーの体動情報を測定する体動測定部と、  
 前記ユーザーの活動状態情報の演算処理を行う処理部と、  
 を含み、  
 前記処理部は、  
 前記体動情報に基づいて前記活動状態情報の前記演算処理を行う第1のモードと、前記脈波情報に基づいて前記活動状態情報の前記演算処理を行う第2のモードとのモード切り替え処理を行い、  
 前記処理部は、  
 電池残量に基づいて、前記モード切り替え処理を行うことを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、  
 前記処理部は、  
 前記電池残量が所与の残量以上である場合には、前記第2のモードに設定し、  
 前記電池残量が前記所与の残量未満である場合には、前記第1のモード又は前記第2のモードに設定することを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記処理部は、

前記電池残量が前記所与の残量未満であって、前記体動情報に基づいて前記ユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、前記第 2 のモードに設定することを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 において、

前記処理部は、

前記電池残量が前記所与の残量未満であって、前記体動情報に基づいて前記ユーザーが安静状態であると判定した場合には、前記第 1 のモードに設定することを特徴とする活動状態情報検出装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 において、

前記処理部は、

前記電池残量及び前記体動情報に基づく判定を行い、判定結果に基づいて前記モード切り替え処理を行うことを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 6】

請求項 1 において、

前記処理部は、

前記電池残量と、スケジュール情報及び時刻情報の少なくとも一方とに基づく判定を行い、判定結果に基づいて、前記モード切り替え処理を行うことを特徴とする活動状態情報検出装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 において、

前記ユーザーの位置情報を取得する位置情報取得部を含み、

前記処理部は、

前記電池残量及び前記位置情報に基づく判定を行い、判定結果に基づいて、前記モード切り替え処理を行うことを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかにおいて、

前記処理部は、

前記第 1 のモードにおいて、前記体動情報に基づいて前記活動状態情報として消費カロリー情報を求め、

30

前記第 2 のモードにおいて、前記脈波情報に基づいて前記活動状態情報として前記消費カロリー情報を求めることを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 9】

請求項 8 において、

前記処理部は、

前記第 1 のモードにおいて、前記体動情報に基づいて前記ユーザーの速度情報を求め、前記速度情報から前記消費カロリー情報を求めることを特徴とする活動状態情報検出装置。

40

【請求項 10】

請求項 9 において、

前記処理部は、

前記第 1 のモードにおいて、前記体動情報である加速度情報に基づいて、前記ユーザーの歩数情報を求め、

前記歩数情報に基づいて前記ユーザーの前記速度情報を求め、

前記速度情報から前記活動状態情報として前記消費カロリー情報を求めることを特徴とする活動状態情報検出装置。

【請求項 11】

50

ユーザーの脈波情報を測定する処理を行い、  
前記ユーザーの体動情報を測定する処理を行い、  
前記体動情報に基づいて活動状態情報の演算処理を行う第1のモードと、前記脈波情報に基づいて前記活動状態情報の前記演算処理を行う第2のモードとのモード切り替え処理を、電池残量に基づいて行い、

前記モード切り替え処理により設定されたモードにより、前記活動状態情報の前記演算処理を行うことを特徴とする活動状態情報検出装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、活動状態情報検出装置及び活動状態情報検出装置の制御方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、加速度センサー等の種々のセンサーを内蔵し、ユーザーが常時着用することで、当該ユーザーの活動状態を表す情報を取得することができる装置（狭義には活動量計）が知られている。このような装置ではセンサーによりユーザーの状態を検出する必要があることから、ユーザーにより装着されるウェアラブル装置等としての実現が想定される。

【0003】

また、活動量計では、上記ユーザーの活動として運動状態のみを考慮し、運動時という比較的短い時間（長くて数時間程度）を対象とすることもあるが、広く用いられてきた歩数計を考えればわかりやすいように、比較的長時間（24時間等）装着することも多い。

20

【0004】

例えばウェアラブル装置等として実現される活動量計は、バッテリーにより駆動することが想定される。この際、加速度センサー等の体動センサーのみを搭載する装置であれば、消費電力はさほど問題とならない。しかし、近年では活動量計に脈波センサーが含まれることも考えられる。脈波センサーは体動センサーと比べた場合に消費電力が大きいいため、上述したような長時間の連続駆動を実現するためには効率的な動作を行う必要がある。

【0005】

例えば特許文献1には、脈波情報を取得する装置において、計測した生体情報に基づいて生体の状態を判別し、判別結果に基づいて消費電力を抑制する手法が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-61663号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ユーザーの活動状態を表す活動状態情報には種々の情報が含まれる。例えば後述する消費カロリー情報、歩数情報、移動速度情報、移動経路情報等を活動状態情報としてもよい。そして、装置（活動状態情報検出装置）に種々のセンサーが含まれている場合、所与の活動状態情報を第1のセンサーの出力から求めることもできるし、第2のセンサーの出力から求めることもできるといった状況が考えられる。

40

【0008】

このような状況では、各センサーの特徴やユーザーの状態に応じて、活動状態情報の演算にどちらのセンサー情報を用いることが好ましいかが変化しうる。しかし、特許文献1等の従来手法においては、このような活動状態情報を求めるモードを、センサー出力に基づいて自動的に切り替える手法は開示されていなかった。特に、脈波センサーからの脈波情報を取得可能な装置において、活動状態情報を脈波情報から求めるか、他のセンサーの情報から求めるかを切り替える手法についての開示はみられない。

【0009】

50

本発明の幾つかの態様によれば、脈波情報に基づいて活動状態情報を求めるモードと、体動情報に基づいて活動状態情報を求めるモードとを適切に切り替えることで、効率的に動作する活動状態情報検出装置及び活動状態情報検出装置の制御方法等を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様は、ユーザーの脈波情報を測定する脈波測定部と、前記ユーザーの体動情報を測定する体動測定部と、前記ユーザーの活動状態情報の演算処理を行う処理部と、を含み、前記処理部は、前記体動情報に基づいて前記活動状態情報の前記演算処理を行う第1のモードと、前記脈波情報に基づいて前記活動状態情報の前記演算処理を行う第2のモードとのモード切り替え処理を行う活動状態情報検出装置に係る。

10

【0011】

本発明の一態様では、脈波情報と体動情報の測定が可能な装置において、所与の活動状態情報の演算処理に、脈波情報を用いるか体動情報を用いるかを切り替える。これにより、種々の状況に応じて、脈波情報と体動情報のうちの適切な方を活動状態情報の演算に利用することができるため、例えば第1のモードでは脈波情報の計測をOFFにするといったように、活動状態情報検出装置を効率的に動作させること等が可能になる。

【0012】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、電池残量に基づいて、前記モード切り替え処理を行ってもよい。

20

【0013】

これにより、電池残量に基づくモード切り替え処理が可能になる。

【0014】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記電池残量が所与の残量以上である場合には、前記第2のモードに設定し、前記電池残量が前記所与の残量未満である場合には、前記第1のモード又は前記第2のモードに設定してもよい。

【0015】

これにより、電池残量と所与の残量との比較処理に基づいて、モード切り替え処理を行うことが可能になる。

【0016】

30

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記電池残量が前記所与の残量未満であって、前記体動情報に基づいて前記ユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、前記第2のモードに設定してもよい。

【0017】

これにより、電池残量と所与の残量との比較処理、及びユーザーの行動判定処理に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0018】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記電池残量が前記所与の残量未満であって、前記体動情報に基づいて前記ユーザーが安静状態であると判定した場合には、前記第1のモードに設定してもよい。

40

【0019】

これにより、電池残量と所与の残量との比較処理、及びユーザーの行動判定処理に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0020】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記体動情報に基づいて前記ユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、前記第2のモードに設定してもよい。

【0021】

これにより、ユーザーの行動判定処理に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0022】

50

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記体動情報に基づいて前記ユーザーが安静状態であると判定した場合には、前記第1のモードに設定してもよい。

【0023】

これにより、ユーザーの行動判定処理に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0024】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、スケジュール情報及び時刻情報の少なくとも一方に基づいて、前記モード切り替え処理を行ってもよい。

【0025】

これにより、スケジュール情報や時刻情報に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

10

【0026】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記スケジュール情報及び前記時刻情報の少なくとも一方に基づいて、前記ユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、前記第2のモードに設定してもよい。

【0027】

これにより、スケジュール情報や時刻情報を用いたユーザーの行動判定処理に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0028】

また、本発明の一態様では、前記ユーザーの位置情報を取得する位置情報取得部を含み、前記処理部は、前記位置情報に基づいて、前記モード切り替え処理を行ってもよい。

20

【0029】

これにより、位置情報に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0030】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記位置情報に基づいて、前記ユーザーが運動状態であると判定した場合には、前記第2のモードに設定してもよい。

【0031】

これにより、位置情報を用いたユーザーの行動判定処理に基づいて、モード切り替え処理を行うこと等が可能になる。

【0032】

30

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記第1のモードにおいて、前記体動情報に基づいて前記活動状態情報として消費カロリー情報を求め、前記第2のモードにおいて、前記脈波情報に基づいて前記活動状態情報として前記消費カロリー情報を求めてもよい。

【0033】

これにより、活動状態情報としてユーザーの消費カロリー情報を求めること等が可能になる。

【0034】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記第1のモードにおいて、前記体動情報に基づいて前記ユーザーの速度情報を求め、前記速度情報から前記消費カロリー情報を求めてもよい。

40

【0035】

これにより、第1のモードでは体動情報から速度情報を求めることで、消費カロリー情報を求めること等が可能になる。

【0036】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記第1のモードにおいて、前記体動情報である加速度情報に基づいて、前記ユーザーの歩数情報を求め、前記歩数情報に基づいて前記ユーザーの前記速度情報を求め、前記速度情報から前記活動状態情報として前記消費カロリー情報を求めてもよい。

【0037】

50

これにより、第1のモードでは、体動情報として加速度情報を用いるとともに、加速度情報から歩数情報を求める処理、歩数情報から速度情報を求める処理、及び速度情報から消費カロリー情報を求める処理を実行することが可能になる。

#### 【0038】

本発明の他の態様は、ユーザーの脈波情報を測定する処理を行い、前記ユーザーの体動情報を測定する処理を行い、前記体動情報に基づいて活動状態情報の演算処理を行う第1のモードと、前記脈波情報に基づいて前記活動状態情報の前記演算処理を行う第2のモードとのモード切り替え処理を行い、前記モード切り替え処理により設定されたモードにより、前記活動状態情報の前記演算処理を行う活動状態情報検出装置の制御方法に係する。

10

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0039】

【図1】活動状態情報検出装置の構成例。

【図2】活動状態情報検出装置の詳細な構成例。

【図3】図3(A)、図3(B)は活動状態情報検出装置の外観図。

【図4】活動状態情報検出装置の外観図。

【図5】図5(A)～図5(C)は活動状態情報検出装置を含むシステムの具体的な実施例。

【図6】図6(A)、図6(B)はスケジュール情報の具体例。

【図7】本実施形態のモード切り替え処理を説明するフローチャート。

20

【図8】相対脈拍数と相対酸素摂取量の関係を表す図。

【図9】図9(A)は脈波情報及び体動情報の具体例、図9(B)、図9(C)は第2のモードにおける睡眠状態の判定処理を説明する図。

【図10】図10(A)～図10(C)は脈拍数が低下しないユーザーに対する処理例。

【図11】図11(A)、図11(B)は睡眠判定累計時間に応じて閾値を変化させる処理の説明図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0040】

以下、本実施形態について説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

30

#### 【0041】

##### 1. 本実施形態の手法

まず本実施形態の手法について説明する。上述したように、加速度センサー等の種々のセンサーを内蔵し、ユーザーが常時着用することで、当該ユーザーの活動状態を表す情報を取得することができる活動情報検出装置（活動量計）が知られている。

#### 【0042】

また、近年では脈波センサーを含み、脈波情報を取得可能な装置も用いられるようになっている。脈波センサーは、脈波信号を検出するためのセンサーであり、例えば発光部と受光部とを含む光電センサー等が考えられる。また、脈波センサーはその他の形態のセンサー（例えば超音波センサー）等、種々のセンサーにより実現できることが知られており、本実施形態の脈波センサーはそれらのセンサーを広く適用可能である。

40

#### 【0043】

いずれの形態の脈波センサーを用いるにせよ、脈波センサーの消費電力は体動情報を取得する体動センサーよりも大きいことが一般的である。ここでの体動センサーとは、加速度センサー、ジャイロセンサー、方位センサー、気圧センサー等種々のセンサーを用いることが可能である。以下、本明細書では説明を簡略化するために、体動センサーは加速度センサーであるものとして説明するが、他の体動を検出するセンサーに拡張して考えることが可能である。

#### 【0044】

50

例えば、脈波センサーとして光電センサーを用いる場合、発光部からの光を被検体（ユーザーであり狭義にはユーザーの血管）に照射し、その反射光や透過光を受光部で検出する。つまり、脈波センサーの動作ではLED等の発光部を発光させる必要があり、比較的消費電力が大きい。

#### 【0045】

脈波センサーを搭載することで、活動状態情報検出装置は脈波情報の取得、及び当該脈波情報に基づく活動状態情報の検出（算出、演算）が可能になるが、装置の消費電力は増大する傾向にある。しかし、活動量計の一例であり、比較的シンプルな構成で（例えばセンサーは加速度センサーのみで）実現可能な歩数計の例を考えればわかるように、活動量計は長時間（例えば24時間常時）動作可能であることを要求される。

10

#### 【0046】

歩数計の例であれば、ユーザーは「1日で1万歩」といった目標設定を行い、当該目標が達成されたか否かを歩数計が検出した活動状態情報、すなわち歩数で判断する。そのような状況で、「12時間計測を行い、その間の歩数は6000歩でした」といった情報が出力されたとしても、ユーザーは目標を達成したか否かに関して適切な判断ができず、当該情報は有用とは言えない。

#### 【0047】

活動状態情報検出装置は、ユーザーに装着される装置であることが想定され、バッテリー等による動作が一般的である。つまり活動状態情報検出装置に脈波センサーを搭載する場合、当該装置は消費電力を考慮した効率的な動作を行うことが重要となる。そうしなければ、電池切れがおこる可能性があり、結果としてユーザーの望む長時間にわたる測定結果を出力できないためである。

20

#### 【0048】

特許文献1は、脈波センサーを含む装置において、検出した生体情報に基づいて消費電力を低減する、との記載が見られる。しかし、特許文献1では生体情報の検出結果から、通信タイミング（送信タイミング）を制御する手法は開示されているものの、装置が求める活動状態情報の具体的な内容や、活動状態情報の検出に用いられるセンサー種類等を考慮しているものではない。

#### 【0049】

例えば本実施形態で想定するような脈波情報と体動情報の両方を取得可能な活動状態情報検出装置では、所与の活動状態情報を脈波情報から求めることもできるし、体動情報から求めることもできるといった状況が考えられる。このような状況では、各センサーの特徴やユーザーの状態に応じて、活動状態情報の演算にどちらのセンサー情報を用いることが好ましいかが変化する。

30

#### 【0050】

以上を踏まえて、本出願人は状況に応じて活動状態情報を求めるモードを切り替える手法を提案する。具体的には、本実施形態に係る活動状態情報検出装置100は、図1に示したようにユーザーの脈波情報を測定する脈波測定部110と、ユーザーの体動情報を測定する体動測定部120と、ユーザーの活動状態情報の演算処理を行う処理部130を含む。そして、処理部130は、体動情報に基づいて活動状態情報の演算処理を行う第1のモードと、脈波情報に基づいて活動状態情報の演算処理を行う第2のモードとのモード切り替え処理を行う。

40

#### 【0051】

ここでの活動状態情報は種々考えられるが、例えば計測期間におけるユーザーの消費カロリーを表す情報であってもよい。この場合、処理部130は、第1のモードにおいて、体動情報に基づいて活動状態情報として消費カロリー情報を求め、第2のモードにおいて、脈波情報に基づいて活動状態情報として前記消費カロリー情報を求めることになる。各モードでの消費カロリー情報の具体的な求め方については後述する。

#### 【0052】

活動状態情報とは、広義には装置で測定される生体情報と、ユーザーの個人情報である

50

設定情報（例えば年齢や身長、体重）に基づいて特定されるユーザーの活動に関わる情報である。活動状態情報は、例えば、ユーザーの消費カロリーや移動距離、歩数、高度変化、速度、運動強度、睡眠判定に用いる脈波数閾値、睡眠時間、睡眠の質、脈拍ゾーン設定、体力レベル、推定酸素負債量（EPOC）、これらの値を元に算出する活動量の独自の指標値等である。

#### 【0053】

このようにすれば、状況に応じて活動状態情報を求める手法（モード）を適切に切り替えることが可能になる。具体的には、処理部130は、活動状態情報の演算モードを、体動情報に基づいて活動状態情報の演算処理を行う第1のモードと、脈波情報に基づいて活動状態情報の演算処理を行う第2のモードのいずれかに設定する処理を行えばよい。そのため、例えば第1のモードでは脈波情報の取得を行わないといった制御も可能であり、その場合には脈波センサー自体をOFFとし、脈波情報の演算処理をスキップできるため、消費電力を低減した効率的な動作が可能になる。この意味では、第1、第2のモードとは、処理部130における活動状態情報の演算モードというだけでなく、活動状態情報検出装置100の測定モードを表すものであってもよい。つまり処理部130においてモード設定が行われることで、処理部130での演算処理が決定されるだけでなく、脈波測定部110等の所与のブロックの動作状態（測定状態）が決定されてもよい。

10

#### 【0054】

体動情報は外面からも観察可能なユーザーの体の動きを表す情報であるのに対して、脈波情報（例えば脈拍数）は、体の動きのような外面的活動だけでなく、内面的活動（例えば思考等の精神活動）も反映した情報となる。そのため、同じ活動状態情報であっても、体動情報を用いるよりも脈波情報を用いた方が精度がよくなることが想定される。しかし上述したように、脈波情報の取得は体動情報の取得に比べて消費電力が大きくなる点で不利である。つまり、本実施形態の手法は、精度と消費電力のトレードオフの中で、状況に即した適切なモードを選択するものであるとすることができる。

20

#### 【0055】

上述したように体動情報の取得は消費電力が特に問題とならないことから、体動情報は常時取得しておいてもよい。そして、脈波情報については脈波情報の取得の重要性が高い状況に絞って、取得を行えばよい。つまり本実施形態では、例えば脈波情報が取得されていれば第2のモードを選択し、取得されていなければ第1のモードを選択するものであってもよい。さらに、活動状態情報検出装置100の操作部（不図示）を通じて脈波情報取得の指示があった場合は第2のモードを選択し、脈波情報取得の指示がない場合は第1のモードを選択するものであってもよい。

30

#### 【0056】

本実施形態の手法によれば、電池残量が足りずに脈拍計測中に当該計測が中断されてしまうケースを抑止できる。具体的には、電池が減ってきたときには電池を温存する方向で装置を動作させ、脈波情報を測っておきたい状況に絞って脈波情報（脈拍）を計測するように動作する。

#### 【0057】

また、脈波情報の取得（脈拍計測）をONにできないほど電池残量が減ってしまった場合でも、脈波情報の取得をOFFとするモード（脈波OFFモード）で動作する、すなわち体動情報の取得を継続することが可能になる。これにより、歩数や消費カロリーなど、活動量の目安となるデータであって、体動情報のみからも演算が可能な情報を、継続して計測することができる。

40

#### 【0058】

例えば、脈波OFFモードが無い場合、電池切れしてしまった日があると計測漏れとなるため、他の日の活動量との相对比较がしづらい。昨日は歩数が12000歩であり、今日は本当は歩数は15000歩であったはずだが途中で電池が切れてしまったため、8000歩とカウントされた、といったケースが発生しづらくなる。上記ケースが発生してしまうと、ユーザーとしては12000歩、8000歩という結果しか閲覧できないため、

50

数値だけからすれば今日は昨日に比べてあまり歩いていないとの判断になり、実情を反映していない。また、体感から8000歩という数値が信頼できないと判定することはできても、正確な歩数を推定することは容易でない。

#### 【0059】

その点、本実施形態の手法であれば、必要に応じて脈波OFFモードとなるため、必要な活動状態情報が欠落する可能性を抑止できる。さらに、脈波情報と体動情報のどちらからも求めることができる活動状態情報については、モード切り替えにより用いられる情報に変化するものの、いずれのモードにおいても演算を継続可能である。そのため、装置内では効率的な動作のために処理モードが切り替えられているものの、当該制御をユーザーに意識させることはなく、ユーザーからすれば装着中は常時消費カロリーが求められることになる。

10

#### 【0060】

以下、本実施形態に係る活動状態情報検出装置100の具体的な構成例について説明した後、第1、第2のモードを切り替える具体的な手法について説明する。その後、活動状態情報の具体例である消費カロリーの算出手法を説明し、最後に第2のモードにおける処理の具体例を図9(A)～図11(B)を用いて説明する。第2のモードでは体動情報と脈波情報の両方が取得可能であるため、その両方を用いた処理の具体例を説明することになる。

#### 【0061】

##### 2. システム構成例

20

図2に本実施形態に係る活動状態情報検出装置100の詳細な構成例を示す。図2に示したように、活動状態情報検出装置100は、脈波測定部110と、体動測定部120と、処理部130と、表示部140と、記憶部150と、通信部160と、バッテリー（二次電池）170と、位置情報取得部180を含む。ただし、活動状態情報検出装置100は図2の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加するなどの種々の変形実施が可能である。

#### 【0062】

脈波測定部110は、脈波センサー111と、脈波測定回路（脈波検出回路）113を含む。脈波センサー111については上述したとおりであり、脈波センサー111は例えば発光部及び受光部を含む光電センサーであってもよい。脈波測定回路113は、脈波センサー111に接続され、脈波センサー111からのセンサー情報に基づいて脈波情報を検出（取得）する。

30

#### 【0063】

体動測定部120は、体動センサー121と、体動測定回路（体動検出回路）123を含む。体動センサー121については上述したとおりであり、体動センサー121は例えば加速度センサーであってもよい。体動測定回路123は、体動センサー121に接続され、体動センサー121からのセンサー情報に基づいて体動情報を検出（取得）する。

#### 【0064】

処理部130は、脈波情報及び体動情報に基づいて、モード切り替え等の種々の処理を行う。この処理部130の機能は、各種プロセッサ（CPU等）、ASIC（ゲートアレイ等）などのハードウェアや、プログラムなどにより実現できる。処理部の処理の詳細については後述する。

40

#### 【0065】

表示部140は、検出された活動状態情報を表示する。表示部140は、例えば液晶ディスプレイや有機ELディスプレイなどにより実現できる。ただし、活動状態情報の表示は他の機器（例えば活動状態情報検出装置100の装着者が使用するスマートフォンやPC）で行われ、活動状態情報検出装置100は表示部140を含まない構成であってもよい。図3(A)等を用いて後述する活動状態情報検出装置100では、ユーザーに対する情報の提示は発光窓部32を介したインターフェース用の発光部の発光により行われ、表示部140を有さない。

50

## 【0066】

記憶部150は、処理部130等のワーク領域となるもので、その機能はRAM等のメモリーやHDD（ハードディスクドライブ）などにより実現できる。記憶部150は、脈波情報及び体動情報を記憶してもよいし、検出された活動状態情報を記憶してもよい。また、図6（A）、図6（B）を用いて後述するスケジュール情報等を記憶してもよい。

## 【0067】

通信部160は、他の機器との通信を行う。通信部160は、処理部130で求められた活動状態情報を送信してもよい。或いは、モード切り替え処理に用いられる情報（例えばスケジュール情報等）を他の機器から受信してもよい。

## 【0068】

通信部160の通信は、ネットワークNEを介して行われ、ネットワークNEはWAN（Wide Area Network）やLAN（Local Area Network）などにより実現することができ、有線・無線を問わない。例えば、通信対象である機器が活動状態情報検出装置100と物理的に離れた位置に設けられるサーバシステムであれば、ネットワークNEはインターネット等であってもよい。また、通信対象である機器が活動状態情報検出装置100と同一ユーザーが使用するスマートフォンであれば、ネットワークNEは短距離無線通信等であってもよい。

## 【0069】

バッテリー170は、活動状態情報検出装置100の各部に対して電力を供給する。バッテリー170は、例えばリチウムイオン電池等の二次電池により実現可能である。

## 【0070】

位置情報取得部180は、ユーザーの位置（狭義には現在位置）を表す位置情報を取得する。位置情報取得部180は、GPS（Global Positioning System）のアンテナ等を含み、GPSを用いて位置情報を取得してもよい。或いは、位置情報は携帯電話基地局等から取得した情報であってもよい。位置情報を用いた処理については後述する。

## 【0071】

図3（A）～図4に本実施形態に係る活動状態情報検出装置100の外観図の一例を示す。本実施形態の活動状態情報検出装置100はバンド部10とケース部30とセンサー部40を有する。ケース部30はバンド部10に取り付けられる。センサー部40は、ケース部30に設けられる。

## 【0072】

ここでのセンサー部40は、透光部材を介して外部への光の照射、及び外部からの光の受光が可能な構成となっており、狭義には脈波センサー111が設けられることを想定している。本実施形態の活動状態情報検出装置100は上述したように体動センサー121を含むが、体動センサー121は図4のセンサー部40に含まれてもよいし、活動状態情報検出装置100の他の部分に設けられてもよい。

## 【0073】

バンド部10はユーザーの手首に巻き付けて活動状態情報検出装置100を装着するためのものである。バンド部10はバンド穴12、バックル部14を有する。バックル部14はバンド挿入部15と突起部16を有する。ユーザーは、バンド部10の一端側を、バックル部14のバンド挿入部15に挿入し、バンド部10のバンド穴12にバックル部14の突起部16を挿入することで、活動状態情報検出装置100を手首に装着する。

## 【0074】

ケース部30は、活動状態情報検出装置100の本体部に相当するものである。ケース部30の内部には、センサー部40や不図示の回路基板等の活動状態情報検出装置100の種々の構成部品が設けられる。即ち、ケース部30は、これらの構成部品を収納する筐体である。

## 【0075】

ケース部30には発光窓部32が設けられている。発光窓部32は透光部材により形成されている。そしてケース部30には、フレキシブル基板に実装されたインターフェース

10

20

30

40

50

としての発光部が設けられており、この発光部からの光が、発光窓部 32 を介してケース部 30 の外部に出射される。

#### 【0076】

活動状態情報検出装置 100 は、図 5 (A) 等 に示すようにユーザーの手首に装着され、当該装着された状態で脈波情報（広義には生体情報）や体動情報の計測が行われる。

#### 【0077】

また、本実施形態に係る活動状態情報検出装置 100 は、ユーザーに装着されるウェアラブル装置に限定されず、サーバーシステムであってもよい。この場合、脈波測定部（脈波情報取得部）110 は、脈波センサー 111 を有するウェアラブル装置から脈波情報を取得し、体動測定部（体動情報取得部）120 は、体動センサー 121 を有するウェアラブル装置から体動情報を取得する。また、本実施形態の手法がバッテリー等に制約のある機器を効率的に動作させるものであることに鑑みれば、処理部 130 ではモードの切り替えを行うとともに、ウェアラブル装置に対して脈波センサー 111 の動作状態（ON/OFF）の切り替え指示を行ってもよい。この例では、ウェアラブル装置等は脈波情報及び体動情報の取得を行い、実際の演算をサーバーシステムである活動状態情報検出装置 100 により実行することが可能になる。

#### 【0078】

ユーザーが装着するウェアラブル装置は、小型軽量となる必要があるため、装置内部の処理部の処理性能、或いはデータの記憶容量に制約が大きい。それに対して、サーバーシステムはリソースの制約が比較的小さいため、活動状態情報の演算やモード切り替えに関する処理を高速で行ったり、より多くのデータ（脈波情報、体動情報、或いは活動状態情報）を保持することが可能である。さらに、サーバーシステムである活動状態情報検出装置 100 からウェアラブル装置に対して、モード切り替え結果に応じて適切なフィードバックをかけることで、ウェアラブル装置を効率的に動作させることが可能である。

#### 【0079】

この場合の例が図 5 (A) であり、サーバーシステムである活動状態情報検出装置 100 は、ネットワーク NE を介してウェアラブル装置 200 と接続され、当該ウェアラブル装置 200 から脈波情報及び体動情報を取得する。

#### 【0080】

なお、活動状態情報検出装置 100 はウェアラブル装置 200 で収集された脈波情報及び体動情報を取得可能であればよい。例えば、図 5 (B) に示したように、ウェアラブル装置 200 が他の処理装置 400 と接続され、活動状態情報検出装置 100 は当該処理装置 400 とネットワーク NE を介して接続される形態であってもよい。この場合の処理装置 400 としては、例えばウェアラブル装置 200 を装着するユーザーが使用するスマートフォン等の携帯端末装置が考えられる。そして、ウェアラブル装置 200 と処理装置 400 との接続は、ネットワーク NE と同様のものを利用してもよいが、短距離無線通信等を利用することも可能である。

#### 【0081】

また、本実施形態に係る活動状態情報検出装置 100 はサーバーシステムではなく、スマートフォン等の処理装置（狭義には携帯端末装置）により実現されてもよい。この場合の構成例が図 5 (C) である。スマートフォン等の携帯端末装置は、サーバーシステムに比べれば処理性能や記憶領域、バッテリー容量に制約があることが多いが、近年の性能向上を考慮すれば、十分な処理性能等を確保可能となることも考えられる。よって、処理性能等の要求が満たされるのであれば、図 5 (C) に示したようにスマートフォン等を本実施形態に係る活動状態情報検出装置 100 とすることが可能である。

#### 【0082】

また、以上ではサーバーシステム、処理装置 400、ウェアラブル装置 200 のいずれか 1 つの装置により活動状態情報検出装置 100 が実現されるものとしたがこれに限定されることもない。例えば、脈波情報及び体動情報の取得、取得した情報の蓄積処理、モー

ド切り替え処理、及び脈波センサー１１１の動作状態切り替え指示が、複数の装置の分散処理により実現されてもよい。具体的には、サーバーシステム、処理装置４００、ウェアラブル装置２００のうちの少なくとも２つ以上の装置により活動状態情報検出装置１００が実現されてもよい。或いは、他の装置において本実施形態に係る処理を行ってもよく、本実施形態に係る活動状態情報検出装置１００は種々の装置（或いは装置の組み合わせ）により実現が可能である。

#### 【００８３】

言い換えれば、本実施形態の手法は脈波測定部１１０と、体動測定部１２０と、処理部１３０を含む活動状態情報検出システムに適用することができ、当該活動状態情報検出システムは、１又は複数の装置により構成される。

10

#### 【００８４】

##### ３．モード切り替え手法

次に、第１のモードと第２のモードを切り替える具体的な判定手法について説明する。具体的には電池残量に基づく判定、主として体動情報に基づく行動判定、スケジュール情報等による判定、位置情報に基づく判定について個別に説明し、最後にそれらの組み合わせについて説明する。

#### 【００８５】

##### ３．１ 電池残量に基づく判定

処理部１３０は、電池残量に基づいて、モード切り替え処理を行ってもよい。上述してきたように、本実施形態では電池切れが生じることで、測定が重要な状況で脈波情報が測定できない、或いは歩数等の活動状態情報が必要な期間にわたって（例えば２４時間継続して）取得できないといった状況を問題としている。つまり、電池残量が十分であるか否かはモード切り替えにおける重要な判定要素である。

20

#### 【００８６】

具体的には、処理部１３０は、電池残量が所与の残量以上である場合には、第２のモードに設定し、電池残量が所与の残量未満である場合には、第１のモード又は第２のモードに設定してもよい。

#### 【００８７】

上述したように、所与の活動状態情報を求める際には、脈波情報を用いる方が体動情報を用いる場合に比べて精度を高くできることが多いと考えられる。よって電池残量が十分であるならば、積極的に脈波情報を処理に用いるとよく、モードとしては第２のモードが選択される。

30

#### 【００８８】

一方、電池残量が少なくなっている場合には、電池切れの可能性をできるだけ抑止したため、第１のモードに設定することを考慮すべきである。体動情報の取得は、脈波情報の取得に比べて消費電力が小さいため、体動情報は計測中は高頻度で（狭義には常時）動作させても問題ない。そのため、活動状態情報検出装置１００の動作中であれば、第１のモードによる活動状態情報の演算が可能であると考えられる。

#### 【００８９】

しかし、状況に応じては脈波情報の取得が望ましい場合も考えられる。具体的には後述する行動判定で運動状態と判定された状況等である。この場合、脈波情報が取得できないことによるデメリットが大きい場合もあるため、電池残量が少なくても脈波情報の取得の可能性はある。そのような場合には、脈波情報を取得しておきながら活動状態情報の演算は第１のモードで行う（体動情報を用いる）というのも不合理であるため、第２のモードを設定するとよい。つまりこの例では、電池残量が少ない場合には、他の判定結果を考慮して第１のモードか第２のモードかを決定することになる。

40

#### 【００９０】

なお、電池残量に基づく判定手法は以上のものに限定されない。例えば、電池残量が十分であった（所与の残量以上）場合に、第１のモードに設定される可能性を残してもよい。所与のタイミングでの残量が十分であったとしても、その後の連続動作時間を考慮した

50

場合、電池切れとなる可能性があり得る。例えば、活動状態情報検出装置100を充電器から外して使用（測定）を開始した直後のタイミングでは、電池残量は100%に近く、所与の残量以上である。しかし当該タイミング以降、活動状態情報検出装置100は、長時間（例えば24時間）、連続して動作する必要があるのだから、現タイミングで電池残量が多いことは電池切れの可能性が低いとの判定にはつながらない。このような場合には、電池残量は十分であるが、後々のことを考慮して第1のモードに設定するといった処理を行ってもよい。

#### 【0091】

この場合、電池残量が所与の閾値以上であるか、未満であるかという判定結果は、第1、第2のモードそれぞれの選択のされやすさに影響を及ぼすものとしてもよい。例えば、電池残量が所与の閾値以上の場合には、電池残量が所与の閾値未満の場合に比べて第2のモードに設定されやすく、第1のモードに設定されにくいものとしてもよい。このようにすれば、電池残量によらず両方のモードに設定される可能性を残しつつ、電池残量に余裕がある場合に、脈波情報を用いる可能性を高める（脈波情報の優先度を高くする）ことが可能になる。

#### 【0092】

また、以上では所与の閾値は1つであるものとしたがこれに限定されない。例えば、電池残量の閾値を2つ以上設定することで、電池残量を3つ以上の状態に区分してもよい。この場合であっても、電池残量が多いほど第2のモードに設定されやすく（必ず第2のモードに設定する処理を含んでもよい）、電池残量が少ないほど第1のモードに設定されやすく（必ず第1のモードに設定する処理を含んでもよい）するとよい。

#### 【0093】

##### 3. 2 行動判定

また、処理部130は、体動情報に基づいてユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、第2のモードに設定してもよい。ここで運動状態とは、ユーザーが何らかの運動（走行、歩行、或いはスポーツ等）を行っている状態を表すものであり、具体的には体動情報により表される体動の大きさが大きい状態に対応する。また、睡眠状態とは安静状態にあって意識レベル（及び外的刺激に対する反応）が低下しているという一般的に用いられる「睡眠」の状態を指すものである。

#### 【0094】

運動状態では、脈拍数等の情報を取得することが有用である。なぜなら脈拍数は、単純な体の動きの大きさとは異なり、ユーザーの活動の程度を本質的に反映する情報であるため、運動による負荷の程度を適切に表す。そのため、脈拍数等の脈波情報を取得することで、現在の運動が対象ユーザーにとって適切な負荷であるか否かといった判定が可能であるし、そこから脂肪燃焼にとって適切な負荷かどうかといった判定も可能である。また、過剰な負荷の運動はユーザーの健康面からも好ましくないため、そのような運動を抑止することも可能である。

#### 【0095】

つまり運動状態では脈波情報を取得することが重要であるのだから、他の活動状態情報についても、脈波情報から求めることが可能な情報については脈波情報を用いて演算するとよい。言い換えれば、ユーザーが運動状態であると判定した場合には、第2のモードに設定する。

#### 【0096】

一方、睡眠状態では、睡眠の深さを判定してもよい。より深い睡眠（例えばノンレム睡眠）の方が、より浅い睡眠（例えばレム睡眠）に比べてユーザーの活動が抑制された状態であり、脳も体も休めた状態である。つまり、睡眠の深さは睡眠の質を表す情報として用いることができる。特に、単純な睡眠時間はユーザーがある程度自覚可能であるところ、睡眠の深さは自覚が非常に難しいため、そのような情報をユーザーに提示することの意義が大きい。そして、睡眠の深さに関する情報は、体動情報から精度よく求めることは難しく、脈波情報を用いて求めるとよい。なお、睡眠の深さは、脈拍数と所与の脈拍数閾値と

10

20

30

40

50

の比較処理から求めてもよいし、脈拍間隔等から求められる自律神経活動情報（広く知られたLF、HF）により求めてもよい。

【0097】

つまり、睡眠状態でも脈波情報を取得することが重要であるため、ユーザーが睡眠状態であると判定した場合には、第2のモードに設定するとよい。

【0098】

運動状態の判定及び睡眠状態の判定には体動情報を用いればよく、狭義には加速度値を用いた判定を行えばよい。具体的には、運動状態では体動が大きくなるため、加速度値が所与の運動加速度閾値以上となる場合に、運動状態と判定する。同様に、睡眠状態では体動が非常に小さくなるため、加速度値が所与の睡眠加速度閾値以下となる場合に、睡眠状態と判定すればよい。なお、体動情報から運動状態を判定する手法は種々知られている。例えば、歩行や走行といった運動は周期性を有するため、加速度値の時間変化を表す信号も周期性を有することになる。運動状態の判定はこのような周期性の有無を判定する手法を用いてもよい。

10

【0099】

また処理部130は、体動情報に基づいてユーザーが安静状態であると判定した場合には、第1のモードに設定してもよい。ここでの安静状態とは、ユーザーが覚醒状態にあって、且つ運動状態に比べて体動が小さい状態を表す。ユーザーが安静状態にある場合、脈拍数は比較的小さい値で安定することが想定されるため、脈波情報の取得を行わなくても大きな問題とならない。

20

【0100】

もちろん、安静状態にあったのに脈拍数の急激な変化が検出された、といった状況では、ユーザーに何らかの異常があったと判定可能であるため、安静状態における脈波情報の取得が意義を有する場合もあり得る。しかし本実施形態では、活動状態情報検出装置100の効率的な動作を実現するため、安静状態における脈波情報の取得は、運動状態や睡眠状態に比べて優先度が低いものとして取り扱う。つまり、安静状態であると判定された場合には、第1のモードに設定し、脈波情報の取得をスキップしてもよい。

【0101】

なお、体動情報に基づく安静状態の判定は上述した閾値判定を行ってもよい。一例としては、上記睡眠加速度閾値と運動加速度閾値を、睡眠加速度閾値<運動加速度閾値となるように設定しておき、加速度値が睡眠加速度閾値よりも大きく、且つ運動加速度閾値より小さい場合に安静状態と判定してもよい。

30

【0102】

ただし、安静状態の場合には体動が非常に小さいことがあり得るため、睡眠状態と安静状態を体動情報だけから精度よく判定することは容易でない。例えば、ユーザーが覚醒状態でベッドに横になっている状態と、ユーザーが睡眠状態でベッドに横になっている状態とでは、加速度値は同程度に小さいことが想定され、睡眠加速度閾値に対する加速度の大小による判定では適切に区別できない可能性がある。

【0103】

第1のモードで動作中の場合には、脈波情報の取得が行われていないことが想定されているため、睡眠状態か安静状態かの判定も体動情報を用いて行うことが前提となる。活動状態情報検出装置100が有する他のセンサー（ここでは脈波センサー111以外）の情報、或いは通信部160と通信する他の機器からの情報が睡眠状態と安静状態の識別に有用であれば、それらを用いることも可能である。

40

【0104】

一方、第2のモードで動作中の場合には、脈波情報の取得が行われているため、睡眠状態か安静状態かの判定を体動情報と脈波情報の両方を用いて行うことが可能である。詳細については後述するが、体動情報と脈波情報の両方（特に両方の情報の変化情報）を用いることで、睡眠状態を精度よく判定することが可能である。

【0105】

50

以上の点を鑑みれば、第1のモードでの安静状態と睡眠状態の判別は高精度で行う必要性はさほど高くない。なぜなら、第1のモードにおいて安静状態を睡眠状態と誤判定してしまったとしても、当該判定結果により第2のモードに移行するため、体動情報と脈波情報の両方による高精度な判定が可能なのである。つまり、誤判定により第2のモードへ移行してしまったとしても、次のモード切り替え処理のタイミングで第1のモードに復帰することが想定されるため、電力のロスは大きくならないと考えられる。

#### 【0106】

ただし、本当は睡眠状態にあるにもかかわらず安静状態と誤判定をしてしまった場合、第1のモードが継続されるため、脈波情報を併用した高精度の判定が行えない。結果として、第2のモードが適切であるのに第1のモードの設定が継続されてしまい好ましくないとも考えられる。

10

#### 【0107】

よって本実施形態では、体動情報を用いた判定では、睡眠状態と判定されやすくしておいてもよい。このようにすれば、一旦第2のモードに移行する確率が高くなるため、睡眠状態、安静状態の判定を高精度で行うことが可能である。一例としては、体動情報を用いた判定では運動状態か、睡眠状態かのいずれかに判定され、安静状態とは判定されないものとしてもよい。ただし、第2のモードで動作する期間が長ければ、消費電力が大きくなり、本実施形態の手法を用いるメリットが小さくなる。そのため、体動情報を用いた判定手法は、判定精度や消費電力を考慮して変更してもよく、種々の変形実施が可能であると言える。

20

#### 【0108】

また、睡眠中と判定された場合には、第1のモードにおいて脈波情報を間欠的に取得する構成であってよい。例えば、第2のモードでは脈波情報を途切れなく取得し続け1秒もしくは4秒毎に脈拍数を算出することとし、一方第1のモードでは、10分間のうち1分間のみ脈波情報を取得しその1分間についてのみ所定時間間隔毎、もしくは1回のみ脈拍数を算出することとしてもよい。

#### 【0109】

あるいは、第1のモードは脈波情報を取得せず、第2のモードは脈波情報を前記のように間欠的に取得するようにしてもよい。このようにすることで、比較的変動の少ない睡眠中は脈拍計測の頻度を減らすことができるため、消費電力を節約できる。また、このようにすることで、睡眠中よりも日中の活動中での脈波情報取得（の持続時間）をより重視した活動量計測が可能となる。

30

#### 【0110】

##### 3. 3 スケジュール情報、時刻情報に基づく判定

また、処理部130は、スケジュール情報及び時刻情報の少なくとも一方に基づいて、モード切り替え処理を行ってもよい。

#### 【0111】

ここでスケジュール情報とは、所与の時間帯と、当該時間帯における脈波測定の優先度（狭義にはON/OFF）とを関連づけた情報である。スケジュール情報の一例を図6（A）、図6（B）に示す。図6（A）、図6（B）は、脈波情報の計測をONとするスケジュールを定義したデータテーブルで、データベースのようなもので構成されていればよい。スケジュールは、図6（A）に示したように日時で定義されていてもよいし、図6（B）に示したように曜日で定義されていてもよく、その他の形態でもよい。

40

#### 【0112】

図6（A）の例であれば、2014年7月19日の6:00～8:00では、脈波測定をONにする、すなわち第2のモードにより活動状態情報を求めることになる。同様に2014年7月23日の18:00～19:00、2014年7月26日の6:00～8:00でも第2のモードに設定されることになる。

#### 【0113】

図6（B）の例であれば、日曜日の6:00～8:00で第2のモードに設定されるこ

50

とになるため、当該スケジュール情報が設定されている状態では、日曜日には毎週 6 : 00 ~ 8 : 00 で第 2 のモードに設定される。また、図 6 (B) の W E E K 0 0 3 という名称のスケジュール情報に示したように、曜日の設定を行わなくてもよい。一例としては、当該スケジュール情報が設定されている状態では、毎日 6 : 00 ~ 8 : 00 で第 2 のモードに設定されてもよい。

#### 【0114】

スケジュール情報を用いる場合、活動状態情報検出装置 100 が現在時刻の情報（時刻情報）を取得し、当該現在時刻とスケジュール情報に規定された時刻（時間）との比較処理を行う必要がある。一例としては、活動状態情報検出装置 100 は図 2 には不図示の計時部（タイマー）を有し、当該計時部により時刻情報を取得してもよい。或いは、通信部 160 を介して、他の装置から時刻情報を取得してもよい。

10

#### 【0115】

また、ここでは、脈波測定を ON とするスケジュール情報の具体例を示したが、脈拍計測を OFF とするスケジュール情報が設けられていてもよい。ON のスケジュールと OFF のスケジュールが日時的に重複する場合は、設定エラーと考えられるため、その旨をユーザーへ報知してもよいし、どちらかのスケジュールを優先するようにしてもよい。

#### 【0116】

各スケジュール情報は、ユーザーインターフェース操作により入力されてもよい。ここでのユーザーインターフェース操作とは、ユーザーが活動状態情報検出装置 100 の操作部（図 2 等には不図示であるが例えばボタン等）を操作するものであってもよいし、活動状態情報検出装置 100 と通信する他の機器のインターフェースを操作するものであってもよい。

20

#### 【0117】

また、スケジュール情報はユーザーにより設定されるものには限定されない。例えば、上述した行動判定処理や、各行動の継続時間の履歴情報を蓄積し、複数回の類似行動（運動）があった場合に、スケジュール情報が登録されるようにソフトウェア実装してあってもよい。例えば、所与のユーザーの履歴情報から、金曜日の 18 : 00 ~ 19 : 00 の間では、高頻度で運動状態が検出されていることがわかった場合、図 6 (B) の W E E K 0 0 2 に示したようなスケジュール情報を自動生成してもよい。

#### 【0118】

また、以上ではスケジュール情報に規定された時間帯では、脈波測定を必ず ON にするか OFF にするかが決定されるものとしたがこれに限定されない。例えば後述するように、電池残量や行動判定等、他の判定手法と組み合わせられてもよい。その場合、スケジュール情報及び時刻情報は、ON / OFF（第 1，第 2 のモード）を確定するものではなく、ON / OFF のいずれを優先的に選択するかを決定する情報として用いられることになる。

30

#### 【0119】

以上では、スケジュール情報と時刻情報の両方を用いる例を説明したが、これに限定されず、時刻情報のみを用いてモード切り替え処理を行ってもよい。具体的には、深夜の時間帯は睡眠状態となるユーザーが多いので第 2 のモードに設定する、或いは第 2 のモードの優先度を高くするといった処理を行ってもよい。ただし、時刻情報による処理はユーザー個人の行動傾向を考慮したものとすることが困難であるため、上述した睡眠の例のように汎用性の高い判定で用いるとよい。

40

#### 【0120】

なお、スケジュール情報とは、所与の時間帯と、当該時間帯における脈波測定の優先度（狭義には ON / OFF）とを関連づけた情報であるものとしたが、時間帯に関連づけられる情報は、脈波測定の ON / OFF を直接的に表す情報に限定されない。例えば、上述したように運動状態や睡眠状態では脈波測定の重要性が高いことが知られている。つまり、スケジュール情報において所与の時間帯と関連づけられる情報は、ユーザーの行動状態を表す情報等であってもよい。

50

## 【0121】

一例としては、図6（B）のスケジュールテーブルに「行動状態」を表す列を追加し、当該列には、「運動状態」、或いは「睡眠状態」といった値を格納するものであってもよい。運動状態や睡眠状態では脈波測定ON、すなわち第2のモードとすればよいことから、「行動情報」＝「運動状態」或いは「睡眠状態」となるスケジュール情報は、脈波測定をONにするスケジュール情報として扱うことが可能である。

## 【0122】

具体的には、処理部130は、スケジュール情報及び時刻情報の少なくとも一方に基づいて、ユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、第2のモードに設定してもよい。このようにすれば、スケジュール情報からユーザーの行動判定を行い、判定結果に対応する行動に合わせたモード切り替えを行うことが可能になる。

10

## 【0123】

なお、スケジュール情報は、1人のユーザーで利用されるものには限定されず、他者のユーザーアカウントと共有、交換等がなされてもよい。例えば、同一のスポーツサークルに所属する複数のユーザーがいる場合、当該複数のユーザーは共通の時間に運動をする可能性が高く、当該運動の時間帯を表すスケジュール情報を共有することが可能である。具体的には、サークルの代表者等が自身のユーザーアカウントを用いてスケジュール情報を設定した場合に、当該スケジュール情報が当該サークルに所属する他のユーザーアカウントに対して配信される実施形態等が考えられる。

20

## 【0124】

## 3.4 位置情報に基づく判定

また、本実施形態に係る活動状態情報検出装置100は、図2に示したように、ユーザーの位置情報を取得する位置情報取得部180を含んでもよい。そして処理部130は、位置情報に基づいて、モード切り替え処理を行う。

## 【0125】

本実施形態の位置情報は、ユーザーの現在位置と、モード切り替え処理を行う基準となる基準位置（参照位置）の両方が含まれてもよい。ここで基準位置とは、ユーザーが当該位置にいる、或いは当該位置に近づいている場合には、所定のモード切り替えを行うことが望ましいと判定される場所を表す。

## 【0126】

例えば、基準位置とはランニングコースとして認定されている位置（場所）や、マラソン大会等でコースとして使用された位置であってもよい。ユーザーがこのような位置にいる場合、当該ユーザーはランニングという運動状態にあることが推定されるため、上述したように脈波測定をONにする、すなわち第2のモードに設定するとよいと判定できる。つまり処理部130は、位置情報に基づいて、ユーザーが運動状態であると判定した場合には、第2のモードに設定してもよい。

30

## 【0127】

各位置情報は、GPSや携帯電話基地局から取得したデータであってもよいし、それらに基づいて算定された緯度・経度のデータであってもよい。また位置情報は一点を表す情報に限定されず、位置を示すある範囲を示すようなデータであってもよい。また位置情報は、複数の位置を点で結んだ列挙的データ構造をとっていてもよい。列挙的データ構造であれば、通行経路を示す経路情報データとすることができる。位置情報のうちの基準位置の情報については、図6（A）等を用いて上述したスケジュール情報と同様に、記憶部150にあらかじめ格納しておくもよい。

40

## 【0128】

本実施形態では、現在位置と基準位置の比較処理によりモード切り替え処理を行えばよい。具体的には、上述した位置情報（基準位置）に対して、ユーザー（現在位置）が一定の距離範囲内に近づいたことを検出した場合に、脈拍計測を開始して、第2のモードに設定する。

## 【0129】

50

また、基準位置が上記経路情報データの形式の場合、上記経路情報に対して現在位置が一定の距離範囲内に近づいたか否かの判定に加えて、上記経路のベクトル上をユーザーが進行しているか否かを判定してもよい。例えば、東西方向に走る道路がランニングコースとして基準位置に設定され、ユーザーは当該道路に交差する南北方向の道路を移動している状態を考える。この場合、ユーザーが2本の道路の交差点近傍にいる状態では、現在位置が基準位置（経路情報）に対して一定の距離範囲内に近づいていると判定される。しかし実際には、ユーザーはランニングコースとは異なる経路を移動しているに過ぎず、上記判定結果を持ってユーザーが運動中と判定することは適切ではない。つまり経路情報に対しては、ユーザーの移動方向が当該経路の方向に沿っているか否かも重要な判断要素であり、上記の例であればユーザーが東西方向に移動しているか否かの判断を、距離判断と合わせて行うとよい。なお、ユーザーの移動方向は現在位置の情報の履歴を用いて判定可能である。

10

#### 【0130】

また、以上では所定の場所（基準位置）に近づいた場合に脈波測定をONにして第2のモードに設定する例を示したがこれに限定されない。例えば、所定の場所へ近づいた時には、脈拍計測をOFFとし第1のモードに設定するような位置情報（経路情報）の指定があってもよい。

#### 【0131】

##### 3. 5 複数の判定の組み合わせ例

以上では、電池残量に基づく判定、主として体動情報に基づく行動判定、スケジュール情報等による判定、位置情報に基づく判定について個別に説明したが、本実施形態ではこれらの判定を組み合わせてもよい。

20

#### 【0132】

組み合わせた場合の処理の一例を説明するフローチャートを図7に示す。この処理が開始されると、まず電池残量に関する判定を行う（S101）。図7の例では0～3の4段階で残量判定を行っており、3が最も残量が多く、0が最も少ない。

#### 【0133】

S101で電池残量＝0と判定された場合には、他の判定を行うことなく脈波測定をOFFにし、第1のモードにより活動状態情報を求める（S102）。つまり図7の例では、電池残量にほとんど余裕がない状況では、行動の状態やスケジュール等を参照することなく、省電力の優先度を高くしている。

30

#### 【0134】

一方、S101で電池残量＝3と判定された場合には、他の判定を行うことなく脈波測定をONにし、第2のモードにより活動状態情報を求める（S103）。つまり図7の例では、電池残量に非常に余裕がある状況では、行動の状態やスケジュール等を参照することなく、脈波情報の取得の優先度を高くしている。

#### 【0135】

図7の場合、脈波情報の取得の必要性が高い状況であっても電池残量が非常に少なければ脈波測定はOFFになるし、脈波情報の取得の必要性が低い状況であっても電池残量が非常に多ければ脈波測定はONになるが、これを許容する一例である。

40

#### 【0136】

また、S101で電池残量＝1と判定された場合には、行動判定によりユーザーが運動状態にあるか否かの判定を行う（S104）。S104でNoの場合には、S102に移行して脈波測定をOFFにする。この場合、電池残量は比較的余裕のない状況であり、且つ運動状態でないため脈波測定の必要性も高くないと判定されているため、脈波測定はOFFにするとよい。

#### 【0137】

一方、S104でYesの場合、ユーザーが運動状態にあるため脈波測定の必要性は高いと考えられるが、即座にS103に移行するのではなく、スケジュール情報、位置情報に基づく判定を行う（S105）。なお、S105の判定はスケジュール情報と位置情報

50

の両方の条件が満たされた場合にY e sとなるものであってもよいし、少なくとも1つが満たされた場合にY e sとなるものであってもよい。ここでS 1 0 5は脈波測定をONにするスケジュール情報、位置情報（基準位置）を想定している。上述したように、脈波測定をOFFにするスケジュール情報、位置情報（基準位置）が含まれてもよく、その場合には条件が満たされない場合にS 1 0 5はY e sと判定される。

#### 【0138】

S 1 0 5でY e sの場合には、スケジュール情報や位置情報の判定から脈波測定の必要性が高いと判定されるため、S 1 0 3に移行して脈波測定をONにする。一方、S 1 0 5でN oの場合には脈波測定の必要性が低いと判定されるため、S 1 0 2に移行して脈波測定をOFFにする。

10

#### 【0139】

つまり、電池残量＝1と判定された場合には、S 1 0 4でY e s且つS 1 0 5でY e sの場合に、S 1 0 3に移行し脈波測定をONにし、それ以外ではS 1 0 2に移行して脈波測定をOFFにする。一方、S 1 0 1で電池残量＝2と判定された場合には、S 1 0 5に移行し、S 1 0 5でY e sの場合S 1 0 3に移行し、S 1 0 5でN oの場合にS 1 0 2に移行する。

#### 【0140】

電池残量が中程度である電池残量＝1、電池残量＝2の場合、電池残量以外の条件に応じてモードが異なってくる。この際、比較的電池残量が少ない電池残量＝1のケースでは、S 1 0 4とS 1 0 5の両方の判定でY e sとならなければ脈波測定はONにならないのに対して、比較的電池残量が多い電池残量＝2のケースでは、S 1 0 5の判定でY e sとなれば脈波測定がONになり、行動判定の結果は問わない。これは、電池残量に比較的余裕があれば、脈波測定がONになりやすくて、すなわち脈波測定をONにするための条件を緩くしても電池切れの可能性が低いのに対して、電池残量に比較的余裕がなければ、脈波測定がONになりにくい、すなわち脈波測定をONにするための条件を厳しくしなければ電池切れの可能性が高いという差異に起因するものである。

20

#### 【0141】

なお、図7のフローチャートで説明した処理は組み合わせの一例であり、他の変形実施も可能である。例えば、図7では電池残量と運動状態判定だけの組み合わせを説明したが、他の行動判定と組み合わせてもよい。

30

#### 【0142】

例えば、処理部130は、電池残量が所与の残量未満であって、体動情報に基づいてユーザーが運動状態又は睡眠状態であると判定した場合には、第2のモードに設定してもよい。或いは、処理部130は、電池残量が所与の残量未満であって、体動情報に基づいてユーザーが安静状態であると判定した場合には、第1のモードに設定してもよい。

#### 【0143】

このようにすれば、運動状態だけでなく、睡眠状態や安静状態等の判定結果と電池残量の判定結果を組み合わせモードを設定することが可能になる。

#### 【0144】

また、S 1 0 5でも上述したが、スケジュール情報と位置情報（経路情報）は、それぞれ独立的に脈拍計測の開始、終了のトリガーとなってもよいし、両方の条件を満たす場合にのみ、脈拍計測を開始または終了するようにしてもよい。スケジュールと位置・経路情報を統一してデータ管理していてもよい。

40

#### 【0145】

また、脈波測定をOFFにして第1のモードを設定する条件として種々の組み合わせが考えられる。例えば、スケジュール情報の条件が満たされず（現在時刻が脈波測定をONに刷るスケジュールの範囲外となって）、且つ行動判定が運動状態ではなくなったときに、脈波測定をOFFにしてもよい。或いは、位置情報の条件が満たされず（現在位置が位置情報、経路情報の範囲外となって）、且つ行動判定が運動状態ではなくなったときに、脈波測定をOFFにしてもよい。

50

## 【0146】

このように、「行動判定が運動状態ではなくなったとき」を脈波測定OFFの条件に加えることで、あらかじめ設定された時間、場所範囲を逸脱して運動を継続しているときには脈拍計測を継続し続けることができる。例えば、ランニングコースに認定された位置情報の範囲内（経路情報上）で運動状態にある場合、ユーザーはランニングをしていると判定することが自然である。そして、運動状態を継続しているが、現在位置がランニングコースを外れた場合、そのことをもってランニングが終了したと判定することは不合理と言える。なぜなら、ランニングをしていたユーザーが運動状態を継続している以上、ユーザーはランニングを継続していると考えるのが自然であり、且つ特にランニングコースとの指定を受けていない場所（例えば一般的な道路の歩道部分）でもランニングは広く行われていることを考えれば、位置情報が条件を満たさないことはランニングを否定する理由とならないためである。その点、上記のような脈波測定OFFの条件を追加することで、運動継続時には適切に脈波測定を継続することが可能になる。

10

## 【0147】

また、別の観点としては、位置・経路の範囲外への移動のしかたについて考慮することで、運動により指定範囲外へ出た場合と非運動で指定範囲外へ出たときの脈拍計測のON／OFFを異なる動作とすることも可能である。一例としては、位置情報の条件が満たされず（現在位置が位置情報、経路情報の範囲外となって）、且つ位置、経路が範囲外となるにあたり、行動判定で「乗り物による移動」と判別されたときに、脈波測定をOFFにしてもよい。

20

## 【0148】

上述したように、位置状態が条件を満たさなくなっても、運動状態が継続するなら脈波測定も継続するとよい。逆に言えば、ユーザーの行動状態が他の状態であるならば、脈波測定が必要な状況は継続していない可能性がある。その中でも、乗り物による移動により位置情報の条件が満たされなくなった場合、ユーザーが当該乗り物の中で運動をする等の状況は考えにくく、安静状態と同様に脈波情報は安定した状態となることが期待される。つまり、現在位置が基準位置の範囲内から範囲外へ「乗り物移動により」移行したタイミングとは、ユーザーの状態が大きく変化したタイミングに対応することになり、脈波測定についても必要性の高い状態から低い状態へと変化したと考えることが妥当と言える。

## 【0149】

なお、乗り物で移動しているか否かの判定は加速度や位置情報を用いた種々の手法が知られており、本実施形態ではそれらの手法を広く適用可能であるため、詳細な説明は省略する。

30

## 【0150】

また、スケジュール情報を用いた判定の箇所で、所与のユーザーと他のユーザーとでスケジュール情報を共有、交換することが可能なことを説明したが、そのような手法はスケジュール情報に限定されるものではない。具体的には、電池残量を用いた判定、行動判定、位置情報を用いた判定に関する情報や、それらの組み合わせ方を規定する情報（判定テーブル）を複数のユーザーで共有してもよい。

## 【0151】

例えば、所与のユーザーAと、Aとは異なるユーザーBとが関連づけられている場合であって、ユーザーAとユーザーBが近くにいる場合は、当該別のユーザーBの判定テーブルを参照して、ユーザーAの活動状態情報検出装置100の脈波計測のON／OFFを決定してもよい。ユーザーを関連づける手法は種々考えられるが、例えばユーザー入力により親しい間柄であるという情報が入力された場合に、当該親しいユーザー同士を関連づければよい。

40

## 【0152】

親しい間柄にある複数のユーザーが近い位置にいる場合、各ユーザーはそれぞれ独立して活動を行うのではなく、複数ユーザーで同じような活動をする目的で集まっている可能性が高いと想定される。その場合、ユーザーAにとって脈波測定の必要性が高い状況と、

50

ユーザーBにとって脈波測定の必要性が高い状況は類似するはずである。つまり、ユーザーBの判定テーブルをユーザーAに適用することや、その逆を行ってもよく、ユーザー単体の判定テーブルだけを用いる場合に比べて、より柔軟な判定処理を行うこと等が可能になる。

#### 【0153】

##### 4. 活動状態情報の算出例

上述してきたように、活動状態情報として消費カロリー情報を求める場合、体動情報に基づいて求める（第1のモード）こともできるし、脈波情報に基づいて求める（第2のモード）こともできる。以下では第1、第2のモードのそれぞれにおける消費カロリー情報の演算手法について説明する。なお、消費カロリー情報の演算手法は種々の変形実施が考  
10

#### 【0154】

まず消費カロリーC (kcal) は下式(1)により求めることができる。下式(1)におけるVO2 (ml/kg/min) はユーザーの酸素摂取量を表し、W (kg) はユーザーの体重を表し、T (hour) は消費カロリーの算出対象となる活動期間を表す時間である。

$$C = 0.3 \times VO2 \times W \times T \quad \dots \dots (1)$$

#### 【0155】

体重Wはユーザーの個人情報（設定情報）から既知であり、時間Tも算出対象となる期間が確定すれば決定することができる。よって酸素摂取量VO2が演算できれば消費カロ  
20

#### 【0156】

加速度を用いる場合、酸素摂取量VO2が下式(2)により求められることを利用する。

$$VO2 = \text{運動による酸素摂取量} + \text{安静代謝による酸素摂取量} \quad \dots \dots (2)$$

#### 【0157】

そして、運動による酸素摂取量は、ランニングであれば $0.2 \times \text{速度 (m/min)}$ であり、ウォーキングであれば $0.1 \times \text{速度 (m/min)}$ といったように、ユーザーの速度情報に基づいて決定可能である。  
30

#### 【0158】

速度は、身長H (m) と歩数S (歩/min) を用いて、下式(3)により求めることができる。なお、下式(3)における0.4は歩幅係数であり、条件に応じて他の値を用いてもよい。例えば、歩行よりも走行（例えばジョギング）の方が歩幅は大きくなると考えられるため、歩行時の歩幅係数を0.4～0.5とし、ジョギング時の歩幅係数を0.5～0.7等とすることが考えられる。

$$\text{速度} = H \times 0.4 \times S \quad \dots \dots (3)$$

#### 【0159】

ここで、歩数Sは加速度から求められることが知られている。例えば、歩行や走行ではユーザーは周期的な運動をすることから、信号の周期や周波数は歩数に対応する情報となる。活動状態情報検出装置100が図5(A)等  
40

に示したように腕に装着された場合、加速度信号は腕振りに対応する信号となり、片腕を前後に1回振る間に、足は右足と左足が1歩ずつ合計2歩の歩行を行っている。その場合、加速度信号の周波数の2倍が歩行の周波数となり、例えばその値を60倍すれば1分当たりの歩数を求めることが可能である。

#### 【0160】

加速度信号の周期や周波数を求める手法は種々考えられる。例えば、加速度信号の波形のゼロクロスポイント（デジタルサンプル値が負から正へ変化する点）を検出してもよい。或いは、加速度信号の波形のピーク（極大値）を検出し、その極大値が所定の閾値を超えた場合に歩数としてカウントしてもよいし、加速度信号の微分値（隣接サンプルの差分）を算出し、そのピークが所定の閾値を超えた場合に歩数としてカウントしてもよい。  
50

## 【0161】

或いは加速度信号に対して周波数変換処理を行ってもよい。その場合、変換処理後の波形は、歩行に伴う基本周波数の他、2倍、3倍といった高調波の関係にある特徴的な周波数成分を有すると考えられる。よってそのような周波数成分を検出し、周波数から所定時間ごとの歩数に換算してもよい。

## 【0162】

また、安静代謝による酸素摂取量は、年齢、性別、個人差によって異なるが、概ね3～4くらいの値となることが知られている。よって例えば、安静代謝による酸素摂取量＝3.5 (ml/kg/min) としてもよい。

## 【0163】

以上の処理により、加速度から消費カロリーを求めることが可能である。例えば加速度信号を用いて歩数を求めた結果、 $S = 120$  となり、またユーザーの設定情報から  $H = 1.7$  であることがわかれば、速度は上式(3)により  $1.7 \times 0.4 \times 120 = 81.6$  (m/min) となる。

## 【0164】

また、ユーザーの体重が  $W = 50$  であり、当該ユーザーが上記速度により、1時間ウォーキング(歩行)したとすれば、 $VO_2$  は上式(2)により、 $0.1 \times 81.6 + 3.5 = 11.66$  であり、消費カロリー  $C$  は上式(1)により、 $0.3 \times 11.66 \times 50 \times 1 = 174.9$  (kcal) と求めることができる。

## 【0165】

以上で説明したように、処理部130は、第1のモードにおいて、体動情報に基づいてユーザーの速度情報(速度  $V$ ) を求め、速度情報から消費カロリー情報(狭義には消費カロリー  $C$ ) を求める。具体的には、処理部130は、第1のモードにおいて、体動情報である加速度情報に基づいて、ユーザーの歩数情報(歩数  $S$ ) を求め、歩数情報に基づいてユーザーの速度情報を求め、速度情報から活動状態情報として消費カロリー情報を求める。

## 【0166】

加速度から歩数  $S$  を求める手法は上述した種々の手法のいずれかを用いればよいし、 $S$  から  $V$  を求めるには上式(3)を用いればよい。また、速度情報  $V$  からは上式(2)により酸素摂取量  $VO_2$  が求められるため、上式(1)を用いて消費カロリー  $C$  を求めることが可能である。

## 【0167】

次に、脈波情報に基づいて  $VO_2$  を求め、消費カロリー  $C$  を求める手法について説明する。本実施形態においては、被験者の脈拍数を  $HR$  とし、被験者の安静時の脈拍数である安静時脈拍数を  $HR_{rest}$  とし、被験者の年齢の関数として定義した最大脈拍数を  $HR_{max}$  とし、下式(4)により相対脈拍数  $RHR$  を算出している。

$$RHR = (HR - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest}) \times 100 [\%] \quad \dots \dots (4)$$

## 【0168】

上式(4)において、最大脈拍数を  $HR_{max}$  は、下式(5)により定義できる。下式(5)において、 $AGE$  は、被験者の年齢である。

$$HR_{max} = 220 - AGE \quad \dots \dots (5)$$

## 【0169】

相対脈拍数  $RHR$  から、相対酸素摂取量  $RVO_2$  が求められることが知られているが、本実施形態では図8に示すように、相対酸素摂取量  $RVO_2$  を、相対脈拍数  $RHR$  が20%以上の場合と、20%未満の場合とで異なる式で求めている。ここで、 $RHR$  が高い場合とは運動負荷が高い場合に対応し、 $RHR$  が低い場合とは運動負荷が低い場合に対応する。

## 【0170】

ここで例示されている閾値は、 $AT$  と呼ばれているポイントを想定している。 $AT$  (an

10

20

30

40

50

aerobic threshold；嫌気性代謝閾値）とは、有酸素的な代謝に加えて嫌気的な代謝が始まる点の酸素摂取量（ $\text{VO}_2$ ）であり、比較的安全に長時間持続可能な最大の運動レベルとされる。

#### 【0171】

より詳細には、相対脈拍数  $\text{RHR}$  が 20 % 以上の場合（運動負荷が高い場合）には、予め実験により求めた相対脈拍数  $\text{RHR}$ （ $y$  軸）および相対酸素摂取量  $\text{RVO}_2$ （ $x$  軸）の関係を表す近似直線  $y$  の傾きを  $a$  とし、近似直線  $y$  の相対脈拍数  $\text{RHR}$  に対応する軸（ $y$  軸）の切片を  $b$  とした場合に、下式（6）式により相対酸素摂取量  $\text{RVO}_2$  を算出する。一方、相対脈拍数  $\text{RHR}$  が 20 % 未満の場合（運動負荷が低い場合）には、下式（7）により相対酸素摂取量  $\text{RVO}_2$  を算出している。

$$\text{RVO}_2 = (\text{RHR} - b) / a \quad \dots\dots (6)$$

$$\text{RVO}_2 = 0 \quad \dots\dots (7)$$

#### 【0172】

これは、相対脈拍数  $\text{RHR}$  が低い状態では、脈拍数そのものの信頼性が低いため誤差が大きいためである。しかしながら、この領域では、相対脈拍数  $\text{RHR}$  の誤差がある程度大きくても、相対酸素摂取量  $\text{RVO}_2$  の算出への大きな影響がないため、実験的に求め、かつ、取り扱いの容易な算出式として上式（7）を定義している。

#### 【0173】

次に相対酸素摂取量  $\text{RVO}_2$  と酸素摂取量  $\text{VO}_2$  の関係について説明する。本実施形態において、酸素摂取量  $\text{VO}_2$  は、最大酸素摂取量を  $\text{VO}_{2\text{max}}$  とし、基礎代謝量としての安静時酸素摂取量を  $\text{VO}_{2\text{rest}}$  とし、下式（8）により定義している。ここで、最大酸素摂取量を  $\text{VO}_{2\text{max}}$  は、予めユーザが入力し、設定しておくものとする。また下式（8）における安静時酸素摂取量  $\text{VO}_{2\text{rest}}$  については、例えばハリス・ベネディクト方程式を利用して求めればよい。ただし、単位を合わせるため、 $\text{VO}_{2\text{rest}}$  の値は必要に応じて 1 分当たりの値に変換するとよい。

$$\text{VO}_2 = \text{RVO}_2 \times (\text{VO}_{2\text{max}} - \text{VO}_{2\text{rest}}) + \text{VO}_{2\text{rest}} \quad \dots\dots (8)$$

#### 【0174】

つまり、脈波情報として脈拍数  $\text{HR}$  が求められた場合には、上式（4）～（8）を用いることで酸素摂取量  $\text{VO}_2$  を求めることができる。そして  $\text{VO}_2$  が求められれば、上式（1）により消費カロリー  $C$  を求めることが可能である。

#### 【0175】

##### 5. 第2のモードにおける処理の具体例

以上では、活動状態情報を求める際に、体動情報を用いる第1のモードと、脈波情報を用いる第2のモードとを切り替える手法について説明した。上記手法により第2のモードに設定された場合、活動状態情報検出装置 100 では、体動情報と脈波情報の両方を取得可能である。

#### 【0176】

よって以下では、体動情報と脈波情報を用いた処理、すなわち第2のモードにおける処理の具体例について説明する。

#### 【0177】

本実施形態では例えば体動情報の変化情報と脈波情報の変化情報を用いて、ユーザーの睡眠状態を判定してもよい。上述したように、体動情報だけを用いた判定では、睡眠状態と、覚醒状態における安静状態との判別が難しい。

#### 【0178】

その点、脈波情報は、ユーザーの内面的な活動の状態も反映する情報であり、例えば、思考を行うような精神活動状態、或いはメンタルストレスを感じている状態では（仮に身体的な動きが小さかったとしても）、脈拍数が増大することが知られている。

#### 【0179】

覚醒状態では、ユーザーは身体的、精神的な種々の活動を行っているのに対して、睡眠

10

20

30

40

50

状態では生体活動（生命活動）を維持するための活動等を除いて、多くの活動が抑制された状態となっている。つまり、脈波情報であれば内面的な活動の状態も反映されるため、脈拍数が大きければ覚醒状態と判定し、脈拍数が小さければ睡眠状態と判定することで、ユーザーの活動状態に関する本質的な判断により睡眠、覚醒状態を判定可能であると考えられる。

#### 【0180】

しかし、本出願人の実験により、脈波情報を用いた睡眠状態判定の結果が、ユーザーの体感にそぐわない場合があることがわかった。例えば、理想的には覚醒状態から睡眠状態へ移行した場合に、脈拍数がある程度の幅で低下すると考えられるが、実際には睡眠状態に移行してから脈拍数が低下するまでに時間がかかる、或いは睡眠状態に移行しても脈拍数が十分低下しないまま覚醒状態に再移行してしまうといったケースが見受けられた。

10

#### 【0181】

具体的な状況としてはユーザーが睡眠前にアルコールを摂取した場合が考えられる。アルコールは体内で分解される必要があり、当該分解のための活動が必須となる。つまり、ユーザーは睡眠状態に移行したとしても、アルコールを分解している間は活動が行われていることになり、脈波情報は当該活動も反映するため、脈拍数が下がりきらない。

#### 【0182】

別の例としては睡眠時無呼吸症候群のような、無呼吸、低呼吸の状況が考えられる。無呼吸や低呼吸の状況では、ユーザーの血中酸素濃度（動脈血酸素飽和度  $SpO_2$ ）が低下することになり、無呼吸等が解消された際には、低下した  $SpO_2$  を平常状態に回復させるために活動を活発化させる必要がある。つまりこのような疾患に起因して、睡眠状態でも脈拍数が下がらないケースがあり得る。

20

#### 【0183】

その他、ユーザーが睡眠状態にあったとしても所与の活動が行われることで脈拍数が下がらないケースがあり、その際には脈拍数を用いた判定では覚醒状態との結果が取得されてしまう。ここで、睡眠状態とはユーザーの活動が抑制され、ユーザーが休養をとれるという意義で価値のある状態である、と解釈すれば、脈拍数が下がりきらない期間は睡眠状態でないとする 것도可能である。なぜなら、上述したアルコールの分解や、 $SpO_2$  の低下からの回復等、種々の活動を行っている状態ではユーザーは十分な休息をとれていないためである。

30

#### 【0184】

しかし、ユーザーにとって内面的な活動は自覚が困難である以上、上述の定義による睡眠、覚醒の判定結果はユーザー自身の感覚とは乖離が大きい。すなわち、ユーザーにとっての睡眠状態とは安静状態にあって意識レベル（及び外的刺激に対する反応）が低下しているという一般的に用いられる睡眠状態を指すものである。そして、そのような一般的な睡眠状態において仮にアルコール分解等の活動が行われていたとしても、当該状態は睡眠状態と判定しておくのが自然であり、覚醒状態であると判定することは好ましいと言えない。

#### 【0185】

以上を鑑みれば、睡眠状態の判定は体動情報と脈波情報の一方のみを用いるのでは不十分と考えられる。また、体動情報と脈波情報の両方を用いる判定も従来行われていたが、体動情報と所与の体動閾値による閾値判定、及び脈波情報と所与の脈波閾値による閾値判定を組み合わせるだけでは、やはり不十分である。例えば、加速度値が所与の加速度閾値を下回り、且つ脈拍数が所与の脈拍数閾値を下回った場合に睡眠状態と判定する手法を用いた場合、図9（A）の例ではA1で加速度側の条件が満たされ、A2で脈拍数側の条件が満たされるため、睡眠状態はA2で開始されたと判定される。この場合、睡眠状態はA1から開始されており、A1からA2は睡眠状態でありながら、脈拍数が上述した種々の要因により下がらなかった可能性もある。つまり、A1～A2の期間は、睡眠状態であったかもしれないし、覚醒状態であって安静状態であったかもしれないが、それが一律に覚醒状態とされてしまうことになる。

40

50

## 【0186】

そこで本出願人は、体動情報と脈波情報の両方を用いて睡眠状態の判定を行う手法において、所与のタイミングでの判定（逐次判定）ではなく、所与の期間にわたる体動情報、脈波情報の変化傾向を用いる手法を提案する。具体的には、本実施形態に係る活動状態情報検出装置100の処理部130は、第2のモードにおいて、所与の期間における脈波情報の変化情報及び体動情報の変化情報に基づいて、ユーザーの睡眠状態の判定を行う。

## 【0187】

このようにすれば、所与のタイミングでの体動情報、脈波情報を用いた逐次判定とは異なり、ある程度の期間における体動情報、脈波情報を判定に用いることが可能になる。図9（A）の例であれば、脈拍数は睡眠状態へ移行したと想定されるA1のタイミングに対して、ある程度遅れたA2のタイミングで値が低下している。この場合、タイミングとしてはA1に対して遅れてはいるものの、A2で脈拍数が低下し、その低下がある程度の長さの時間で現れており、且つA1以降の加速度の低下が長時間継続している。これらはいずれも、A1から開始された身体的な活動抑制期間（加速度低下期間）は、睡眠状態であったと判定する根拠となりうるものである。つまり当該加速度低下期間は、覚醒状態における安静状態ではなく、睡眠状態であったと推定可能である。図9（C）に示したように、A1のタイミングでの逐次判定ではA1を睡眠状態の開始と判定することは困難であったが、少なくともA2以降の期間まで継続して体動情報、脈波情報を観察すれば、A2以降のタイミングにおいて過去にさかのぼった判定を行う、すなわちA1が睡眠状態の開始タイミングであったと判定し直すことが可能となる。

## 【0188】

なお、本実施形態における体動情報の変化情報とは、狭義には加速度低下期間やその長さ、加速度増加期間やその長さであり、脈波情報の変化情報とは睡眠判定累計時間である。ただし、各変化情報はこれに限定されるものではなく、体動情報、脈波情報の時間変化に基づいて求められる他の情報であってもよい。

## 【0189】

以下、具体的な処理の例を説明する。処理部130は第2のモードにおいて、体動情報の変化情報に基づいて、加速度が加速度閾値 $T_{ha}$ を継続して下回ったと判定された加速度低下期間を求め、脈波情報の変化情報に基づいて、加速度低下期間における脈拍数が脈拍数閾値 $T_{hp}$ を下回ったと判定された時間の累計である睡眠判定累計時間を求め、加速度低下期間と睡眠判定累計時間に基づいて、睡眠状態の判定を行う。

## 【0190】

すなわち、処理部130では、加速度の時間変化をモニタし、加速度閾値 $T_{ha}$ を下回った時刻を、就床候補時刻として保存する。そして、加速度が加速度閾値 $T_{ha}$ を連続して下回っている間、加速度低下期間の連続時間を算出し続ける。さらに、加速度低下期間において、脈拍数の時間変化も確認する。具体的には、脈拍数が脈拍数閾値 $T_{hp}$ を下回り、睡眠と判定される状態になったとき、この睡眠判定累計時間を算出し続ける。つまり本実施形態においても、加速度と加速度閾値 $T_{ha}$ による判定処理、及び脈拍数と脈拍数閾値 $T_{hp}$ による判定処理は逐次行うことが前提となる。

## 【0191】

以上の処理により、加速度低下期間の長さ $t_{a1}$ 、及び加速度低下期間における睡眠判定累計時間の長さ $t_{p1}$ を求めることが可能になる。なお、加速度低下期間は複数回出現することが想定され、本実施形態では複数の加速度低下期間のそれぞれについて、長さ $t_{a1}$ 及び対応する睡眠判定累計時間の長さ $t_{p1}$ が求められることになる。図9（A）の例における加速度低下期間とその長さ $t_{a1}$ 、及び睡眠判定累計時間 $t_{p1}$ を図示したものが図9（B）である。なお、図9（A）では睡眠判定累計時間 $t_{p1}$ は1つの連続する期間の長さを表す時間となっているが、脈拍数が脈拍数閾値 $T_{hp}$ を下回る期間が1つの加速度低下期間のなかで複数回現れるケースでは、各期間の累計値を $t_{p1}$ としてもよい。

## 【0192】

$t_{a1}$ 、 $t_{p1}$ の算出後、処理部130は、睡眠判定累計時間 $t_{p1}$ が脈拍累計時間閾値 $Th_{tp}$ 以上と判定された場合には、加速度低下期間の長さ $t_{a1}$ と第1の加速度累計時間閾値 $Th_{ta1}$ を用いた閾値判定により睡眠状態の判定を行う。具体的には、 $t_{a1} \geq Th_{ta1}$ 且つ $t_{p1} \geq Th_{tp}$ の場合に、対応する加速度低下期間は睡眠状態であると判定し、就床時刻候補として保存したタイミング、すなわち加速度低下期間の開始タイミングを就床タイミングとする。図9(A)の例であれば、図9(C)に示したように逐次判定を行っていた段階ではA2が就寝タイミングであるとの判定を行っているため、本実施形態の手法を用いることで就床タイミングをA2からA1に更新することが可能になる。

#### 【0193】

ここでの第1の加速度累計時間閾値 $Th_{ta1}$ は例えば30分程度の時間であり、脈拍累計時間閾値 $Th_{tp}$ は例えば10分程度の時間である。第1の加速度累計時間閾値 $Th_{ta1}$ を判定に用いるのは、睡眠状態はある程度の時間継続するものであるとの前提による。つまり、 $t_{a1} < Th_{ta1}$ となるケースでは、加速度低下期間があまりに短いと判断し、当該期間が睡眠状態であるとの判定を行わない。

#### 【0194】

また、脈拍数についても、図9(A)のA1からA2の期間のように睡眠状態でも値が下がらない(睡眠判定累計時間 $t_{p1}$ に寄与しない)期間があるとはいえ、睡眠状態であればある程度の期間で脈拍数は低下することが想定される。また、ごく短い期間(極端に言えば所与の1タイミング)で脈拍数が低下したとしても、それはノイズ等による誤判定のおそれもある。よってここでは、脈拍累計時間閾値 $Th_{tp}$ を用いた判定を行っている。

#### 【0195】

以上の処理により、図9(A)のケースでは就床タイミングを適切に判定することが可能になる。しかし以上の判定だけでは睡眠状態の適切な判定ができないケースがある。具体的には図10(A)に示したような場合である。上述したように、アルコール摂取時や無呼吸等の疾患が発症した場合には、脈拍数が十分低下しない。その際、アルコールの摂取量が非常に多い場合、或いは無呼吸の症状が睡眠状態において継続してみられる場合には、睡眠状態において常時何らかの活動が行われることになるため、図10(A)に示したように睡眠状態のどのタイミングにおいても脈拍数が十分低下しないことがある。

#### 【0196】

この場合、図10(B)に示したように加速度低下期間を検出し、その長さ $t_{a1}$ を算出することはできるが、当該加速度低下期間に対応する睡眠判定累計時間 $t_{p1}$ は0になってしまう。そのため、上記の判定では $t_{p1} \geq Th_{tp}$ を満たさないため睡眠状態と判定できない。しかしこのような状態でもユーザーは実際には睡眠状態となっている以上、対応する加速度低下期間は睡眠状態と判定することが望ましい。

#### 【0197】

よって本実施形態では、処理部130は、脈波情報の変化情報に基づいて、体動情報の変化情報を用いた睡眠状態の判定における判定条件を決定してもよい。具体的には、加速度低下期間における脈拍数が十分低下しているのであれば上述した条件により判定を行えばよいし、脈拍数の低下が不十分であれば、他の条件による判定を行えばよい。

#### 【0198】

このようにすれば、図10(A)のようなケースでも加速度低下期間を睡眠状態と判定する、すなわち就寝時刻候補を就寝タイミングと判定する余地を残すことが可能になり、よりユーザーの体感に合致した睡眠状態判定を行うことが可能になる。

#### 【0199】

しかし、脈拍数の低下が不十分であるとは、脈波情報の変化情報を用いた判定では睡眠状態ではないと考えられるケースである。そのため、体動情報の変化情報を用いて睡眠状態の判定を行うに当たり、緩い条件(睡眠状態と判定されやすい条件)を用いることは好ましくない。言い換えれば、脈波情報の変化情報を用いた判定で睡眠状態ではないとの感

10

20

30

40

50

触が得られている以上、当該感触を覆して最終的な判定を睡眠状態であると確定させるには、体動情報の変化情報から睡眠状態であると強く推定可能な結果が得られることが求められる。

#### 【0200】

よって処理部130は、脈波情報の変化情報の変化幅が第1の変化幅である場合に、第1の判定条件により体動情報の変化情報を用いた睡眠状態の判定を行い、脈波情報の変化情報の変化幅が第1の変化幅よりも小さい第2の変化幅である場合に、第1の判定条件に比べてユーザーが睡眠状態と判定されにくい第2の判定条件により、体動情報の変化情報を用いた睡眠状態の判定を行えばよい。これは言い換えれば、処理部130は、脈波情報の変化情報の変化幅が大きい場合に、第1の判定条件により体動情報の変化情報を用いた睡眠状態の判定を行い、脈波情報の変化情報の変化幅が小さい場合に、第2の判定条件により、体動情報の変化情報を用いた睡眠状態の判定を行うことになる。なお、第1の変化幅と第2の変化幅は、例えば所与の変化幅閾値との比較処理により決定されるものであってもよい。その場合、変化幅として値の最大値と最小値の差分を用いる例であれば、第1の変化幅とは最大値と最小値の差分が変化幅閾値以上となり、第2の変化幅とは最大値と最小値の差分が変化幅閾値未満となる。

10

#### 【0201】

なお、ここでの脈拍数閾値 $Thp$ は、対象とするユーザーの実測された脈拍数（一例としては最低脈拍数）に基づく値であることが想定される。つまり、変化幅とは狭義には最大値を基準とした値の下がり幅（差分）であるが、脈拍数閾値 $Thp$ を変化幅を求める際の基準として用いてもよい。例えば、 $Thp$ に対する脈拍数の下がり幅から上記変化幅を求めてもよい。

20

#### 【0202】

具体的には、処理部130は、睡眠判定累計時間 $tp1$ が脈拍累計時間閾値 $Thtp$ より小さいと判定された場合には、第1の加速度累計時間閾値 $Th ta 1$ よりも大きい値である第2の加速度累計時間閾値 $Th ta 2$ と加速度低下期間の長さ $ta 1$ とを用いた閾値判定により睡眠状態の判定を行う。さらに具体的には、 $tp1 < Thtp$ の場合には、 $ta 1 \geq Th ta 2$  ( $> Th ta 1$ ) が満たされた場合に睡眠状態と判定すればよい。つまりこの場合、第1の判定条件とは $ta 1 \geq Th ta 1$ を満たすか否かであり、第2の判定条件とは $ta 1 \geq Th ta 2$ を満たすか否かであり、上述したように $Th ta 2 > Th ta 1$ であるため、第1の判定条件に比べて第2の判定条件は厳しいものとなる。

30

#### 【0203】

ここでの $Th ta 2$ は例えば3時間程度の時間である。このようにすれば、図10(A)のケースでは図10(B)に示したように $tp1 = 0$ のため、 $tp1 \geq Thtp$ 且つ $ta 1 \geq Th ta 1$ を満たすことはできないが、 $ta 1 \geq Th ta 2$ を満たす、すなわち加速度低下期間の長さが非常に長いため、加速度低下期間を睡眠状態として、B1を就床タイミングと判定することが可能である。つまり、図10(C)に示したように、睡眠状態を適切に判定することが可能になる。

#### 【0204】

なお、 $Th ta 2$ としては、覚醒状態における安静状態の継続時間として想定される時間を設定することが考えられる。覚醒状態では、姿勢を変えたりトイレに立ったりすることで加速度低下期間が途切れることが想定される一方、睡眠状態では6時間から8時間といった長時間、加速度低下期間が継続する。ここでの $Th ta 2$ はその2つを区別可能な程度の時間とすることが好ましい。

40

#### 【0205】

このように判定条件が2つ存在するため、加速度低下期間の長さ $ta 1$ が同様の場合であっても、睡眠判定累計時間 $tp1$ の長さに応じて判定結果が異なるケースが出てくる。具体例が図11(A)、図11(B)であり、ここでは両方のケースで $ta 1 = 2$ 時間としている。図11(A)では $tp1 \geq Thtp$ が満たされるため、 $ta 1$ との比較対象は $Th ta 1 = 30$ 分である。そのため、 $ta 1 \geq Th ta 1$ が満たされることになり、C

50

1 が就床タイミングと判定できる。一方、図 11 (B) では  $t_{p1} \geq T_{htp}$  が満たされないため、 $t_{a1}$  との比較対象は  $T_{hta2} = 3$  時間である。そのため、 $t_{a1} \geq T_{hta2}$  が満たされず、C2 は就床タイミングと判定されない。

#### 【0206】

また、以上では睡眠状態の判定のうち、開始タイミング（就床タイミング）について説明したが、終了タイミング（起床タイミング）に関して同様の処理を行ってもよい。また、第2のモードにおける睡眠状態の判定処理は上述したものに限定されず、他の判定処理が行われてもよい。さらにいえば、第2のモードで行われる処理は睡眠状態の判定処理に限定されず、他の処理が行われてもよい。

#### 【0207】

なお、以上のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また活動状態情報検出装置等の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

#### 【符号の説明】

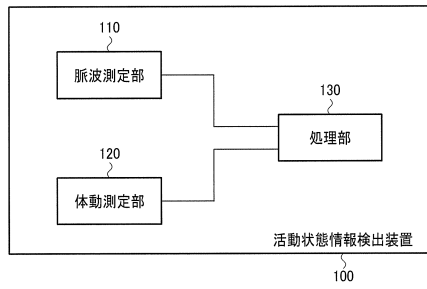
#### 【0208】

10 バンド部、12 バンド穴、14 バックル部、15 バンド挿入部、  
16 突起部、30 ケース部、32 発光窓部、40 センサー部、  
100 活動状態情報検出装置、110 脈波測定部、111 脈波センサー、  
113 脈波測定回路、120 体動測定部、121 体動センサー、  
123 体動測定回路、130 処理部、140 表示部、150 記憶部、  
160 通信部、170 バッテリー、180 位置情報取得部、  
200 ウェアラブル装置、400 処理装置、NE ネットワーク、  
RHR 相対脈拍数、RVO2 相対酸素摂取量、Tha 加速度閾値、  
Thp 脈拍数閾値、Thta1、Thta2 加速度累計時間閾値、  
Thtp 脈拍累計時間閾値、tp1 睡眠判定累計時間

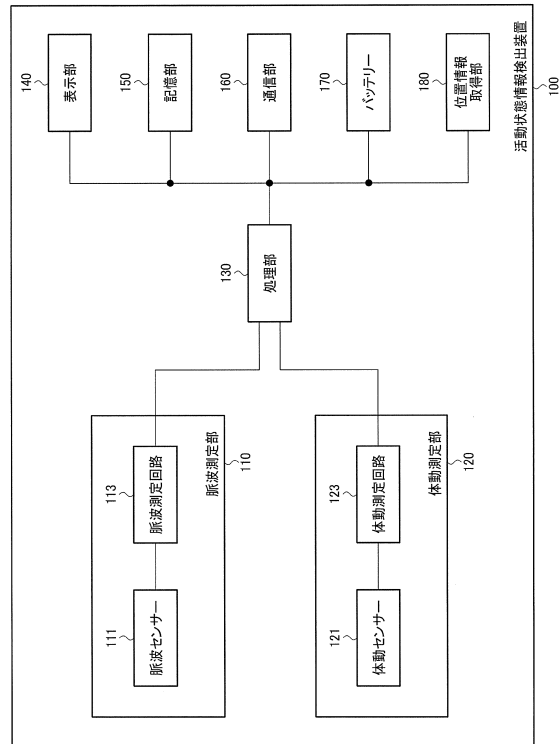
10

20

【図 1】

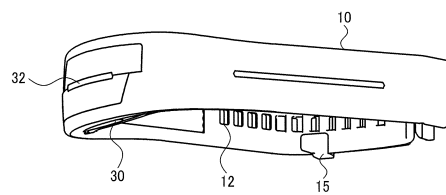


【図 2】

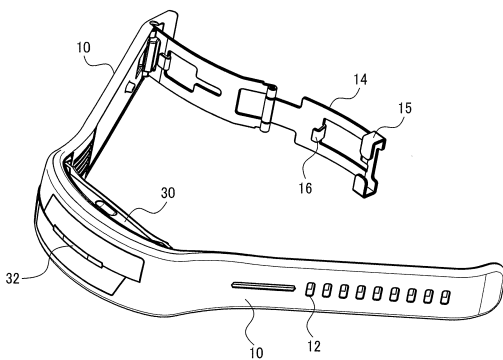


【図 3】

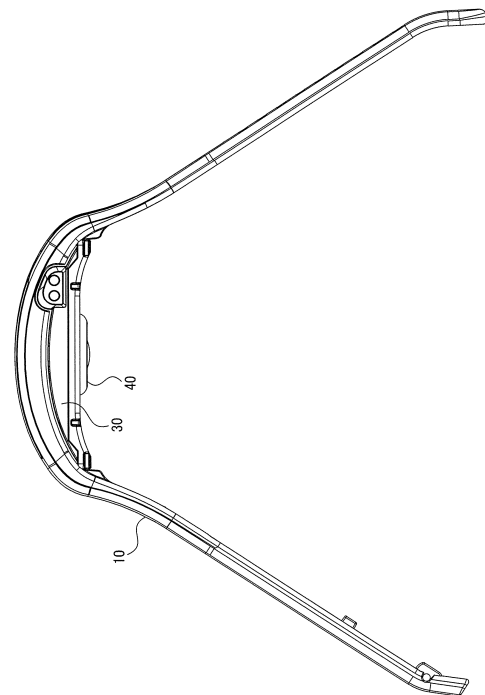
(A)



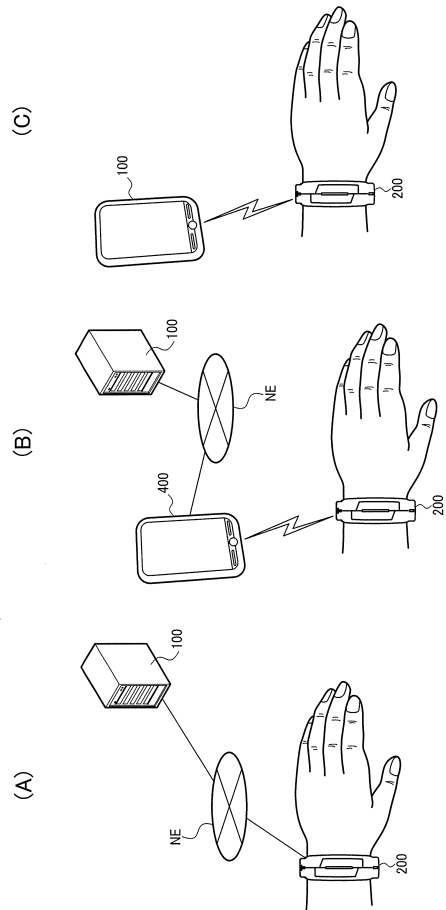
(B)



【図 4】



【図 5】



【図 6】

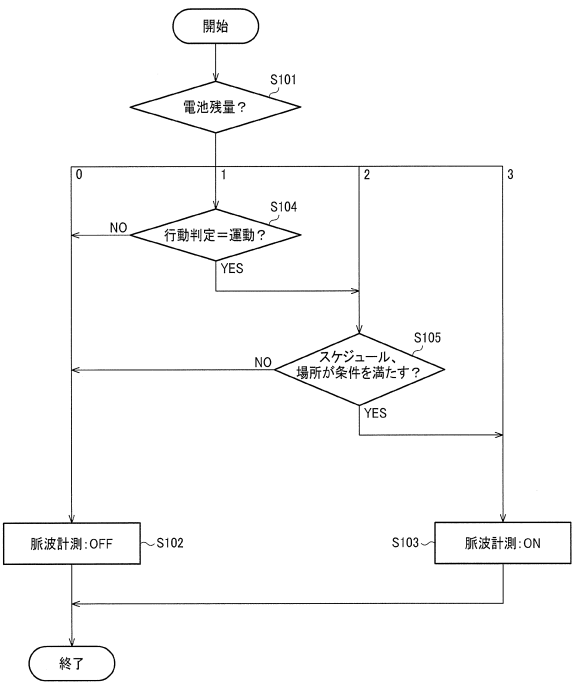
(A)

| スケジュールNo. | 開始日        | 開始時刻     | 終了日        | 終了時刻     |
|-----------|------------|----------|------------|----------|
| DATE001   | 2014/07/19 | 06:00:00 | 2014/07/19 | 08:00:00 |
| DATE002   | 2014/07/23 | 18:00:00 | 2014/07/23 | 19:00:00 |
| DATE003   | 2014/07/26 | 06:00:00 | 2014/07/26 | 08:00:00 |

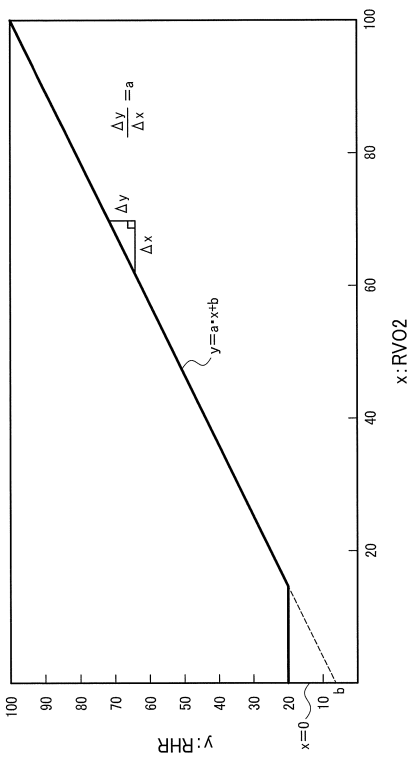
(B)

| スケジュールNo. | 曜日 | 開始時刻     | 終了時刻     |
|-----------|----|----------|----------|
| WEEK001   | 日  | 06:00:00 | 08:00:00 |
| WEEK002   | 金  | 18:00:00 | 19:00:00 |
| WEEK003   | -  | 06:00:00 | 08:00:00 |

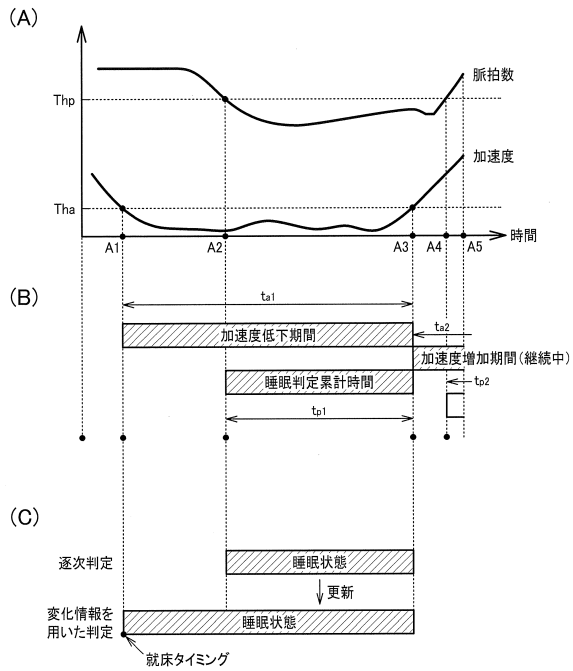
【図 7】



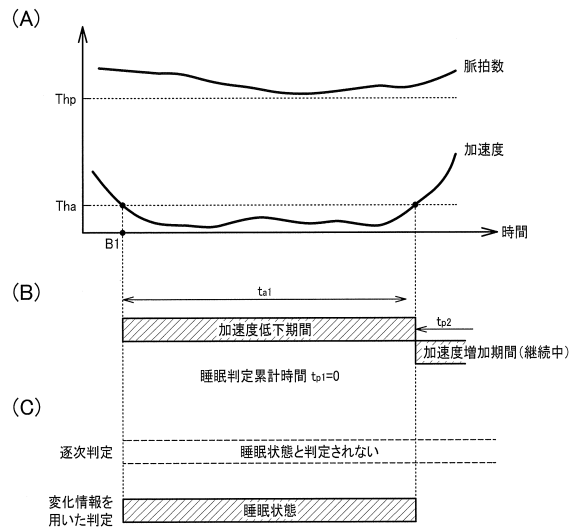
【図 8】



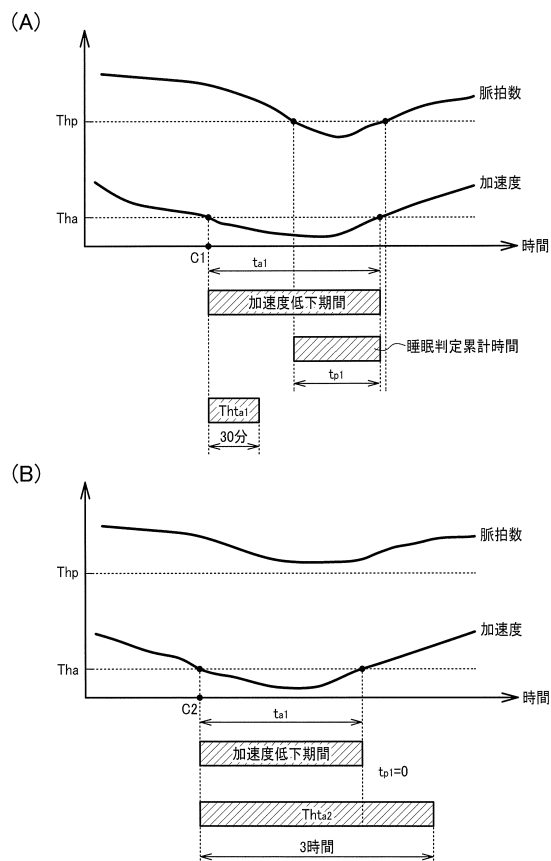
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

審査官 永田 浩司

- (56)参考文献 特開平10-179560 (JP, A)  
特開平09-056705 (JP, A)  
特開2013-223697 (JP, A)  
特開2004-230152 (JP, A)  
特開2002-306660 (JP, A)  
米国特許出願公開第2012/0083715 (US, A1)  
特開2013-202289 (JP, A)  
米国特許出願公開第2015/0088013 (US, A1)  
特開2007-164623 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 5/11  
A61B 5/02  
A61B 5/22