

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-149259  
(P2018-149259A)

(43) 公開日 平成30年9月27日(2018.9.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B</b> 5/16 (2006.01)	A 6 1 B 5/16	4 C 0 3 8
<b>A 6 1 B</b> 5/11 (2006.01)	A 6 1 B 5/10 3 1 0 A	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-173562 (P2017-173562)	(71) 出願人	504133110 国立大学法人電気通信大学 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1
(22) 出願日	平成29年9月8日(2017.9.8)	(74) 代理人	110000925 特許業務法人信友国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2017-66200 (P2017-66200)	(72) 発明者	▲高▼玉 圭樹 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内
(32) 優先日	平成29年3月10日(2017.3.10)	(72) 発明者	上原 知里 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	Fターム(参考)	4C038 PP05 PS00 VA15 VB31 VC20

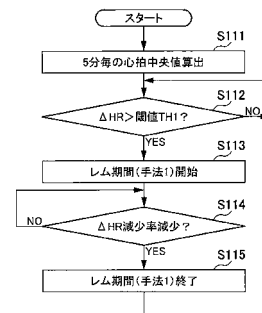
(54) 【発明の名称】 睡眠段階判定装置、睡眠段階判定方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】被測定者に負担をかけずに、被測定者の睡眠段階を精度良く判定できるようにする。

【解決手段】被測定者の被測定者の体動及び心拍を検出する。その検出で得た被測定者の体動の第1の期間毎の検出データの標準偏差値が、所定の閾値以上であるとき、覚醒又はステージ1のノンレム睡眠と判定し、所定の閾値以上でないとき、レム睡眠又はステージ2以下のノンレム睡眠と判定する。さらに、その判定処理で、レム睡眠又はステージ2以下のノンレム睡眠と判定した場合に、被測定者の第2の期間毎の心拍の中央値の増加率と、被測定者の体動の第3の期間毎の周波数解析結果に基づいて、レム睡眠と、ステージ2以下のノンレム睡眠とを区別する処理を行う。

【選択図】 図10



心拍成分の判定処理例

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被測定者の体動及び心拍を検出するデータ処理部と、睡眠段階判定部と、を備え、  
前記睡眠段階判定部は、

前記データ処理部で得た前記被測定者の体動の第 1 の期間毎の検出データの標準偏差値が、所定の閾値以上であるとき、覚醒又はステージ 1 のノンレム睡眠と判定し、前記所定の閾値以上でないとき、レム睡眠又はステージ 2 以下のノンレム睡眠と判定する第 1 の判定処理を行い、

前記第 1 の判定処理で、レム睡眠又はステージ 2 以下のノンレム睡眠と判定した場合に、前記被測定者の第 2 の期間毎の心拍の中央値の増加率と、前記被測定者の体動の第 3 の期間毎の周波数解析結果に基づいて、レム睡眠と、ステージ 2 以下のノンレム睡眠とを区別する第 2 の判定処理を行う

睡眠段階判定装置。

**【請求項 2】**

前記睡眠段階判定部が行う前記第 2 の判定処理は、

被測定者の第 2 の期間毎の心拍の中央値の増加率が、所定の閾値以上であるとき、第 1 のレム睡眠期間の開始と判定し、前記第 2 の期間毎の心拍の中央値の減少率が減少したとき、前記第 1 のレム睡眠期間の終了を判定し、

前記被測定者の体動を第 3 の期間毎に周波数解析し、その周波数解析したデータの分析で、レム睡眠か否かの判定を得る決定木を機械学習により複数生成し、生成した複数の決定木で得られたレム睡眠か否かの判定の多数決から、前記第 3 の期間が第 2 のレム睡眠期間であると判定し、

前記第 1 のレム睡眠期間と判定した期間と前記第 2 のレム睡眠期間と判定した期間とが重なる期間を含み、かつ一定間隔以内に第 2 のレム睡眠期間と判定した期間が存在する場合に、その一定間隔以内に第 2 のレム睡眠期間と判定した期間を、レム睡眠期間と確定する

請求項 1 に記載の睡眠段階判定装置。

**【請求項 3】**

さらに、前記睡眠段階判定部は、前記第 1 の判定処理で、覚醒又はステージ 1 のノンレム睡眠と判定した場合に、体動の標準偏差値が、前記第 1 の期間を超えて連続して所定の閾値以上であるとき、最後の所定区間をステージ 1 のノンレム睡眠とし、残りの区間を覚醒と判定し、前記第 1 の期間を超えていないとき、全ての区間を覚醒と判定する

請求項 1 又は 2 に記載の睡眠段階判定装置。

**【請求項 4】**

前記被測定者の体動を検出する圧力センサの出力データを取得する生体データ取得部を備え、

前記体動は、前記生体データ取得部が取得した前記圧力センサの出力データから得ると共に、前記心拍についても、前記生体データ取得部が取得した前記圧力センサの出力データから得るようにした

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の睡眠段階判定装置。

**【請求項 5】**

被測定者の体動及び心拍を検出する検出処理と、

前記検出処理で得た前記被測定者の体動の第 1 の期間毎の検出データの標準偏差値が、所定の閾値以上であるとき、覚醒又はステージ 1 のノンレム睡眠と判定し、前記所定の閾値以上でないとき、レム睡眠又はステージ 2 以下のノンレム睡眠と判定する第 1 の判定処理と、

前記第 1 の判定処理で、レム睡眠又はステージ 2 以下のノンレム睡眠と判定した場合に、前記被測定者の第 2 の期間毎の心拍の中央値の増加率と、前記被測定者の体動の第 3 の期間毎の周波数解析結果に基づいて、レム睡眠と、ステージ 2 以下のノンレム睡眠とを区別する第 2 の判定処理と、を含む

10

20

30

40

50

睡眠段階判定方法。

【請求項 6】

被測定者の体動及び心拍を検出する検出手順と、

前記検出手順で得た前記被測定者の体動の第 1 の期間毎の検出データの標準偏差値が、所定の閾値以上であるとき、覚醒又はステージ 1 のノンレム睡眠と判定し、前記所定の閾値以上でないとき、レム睡眠又はステージ 2 以下のノンレム睡眠と判定する第 1 の判定手順と、

前記第 1 の判定手順で、レム睡眠又はステージ 2 以上のノンレム睡眠と判定した場合に、前記被測定者の第 2 の期間毎の心拍の中央値の増加率と、前記被測定者の体動の第 3 の期間毎の周波数解析結果に基づいて、レム睡眠と、ステージ 2 以下のノンレム睡眠とを区別する第 2 の判定手順と、

をコンピュータに実行させるプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レム睡眠状態を判定する睡眠段階判定装置及び睡眠段階判定方法、並びに睡眠段階の判定を実行するプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

医療現場では、睡眠障害などによる睡眠の質の低下を診断するために、被測定者の睡眠段階を測定することが行われている。人間の睡眠段階は、睡眠の深さの観点で 6 段階に分類したものが知られており、その 6 つの睡眠段階は、眠りが浅い段階から順に、覚醒、レム睡眠、ノンレム睡眠（ステージ 1～4）と呼ばれている。これらの 6 段階の睡眠段階の判定は、従来、例えば被計測者の顔や頭部に多数の電極を装着して、その多数の電極から脳波、眼球運動、及び顎筋電を測定し、測定結果の解析により行われていた。

20

【0003】

このような顔や頭部に多数の電極を装着した状態での睡眠段階の検査は、通常、医療機関に宿泊して、長時間連続して電極を身体に装着して行う検査であり、日常と異なる状況での睡眠であるため、被測定者（患者）に精神的な負担と肉体的な負担を強いることになる。また、電極を使って取得したデータは、専門知識と経験を持つ医師が解析して判定する必要があり、睡眠状態を簡単に判定できるものではないという問題があった。

30

【0004】

これらの問題を解決するために、専門医師による診断を不要とする睡眠段階推定手法が従来から数多く提案されている。

例えば、特許文献 1 には、遺伝的アルゴリズムによる学習手法を改良した Database-based Compact Genetic Algorithm と称される手法で、マットレス型圧力センサの検出データから睡眠段階を推定する技術が記載されている。この特許文献 1 に記載された技術は、マットレス型圧力センサが検出した被測定者の体動と心拍に基づいて、睡眠段階を推定するものである。このようなマットレス型圧力センサを使って睡眠段階を推定することで、被測定者に負担を強いることなく、被測定者の睡眠状態を推定することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2014 - 239789 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上述した 6 段階の睡眠段階を考えた場合に、眠りが浅い段階から順に、覚醒、レム睡眠、4 つのノンレム睡眠（ステージ 1～4）が存在するが、これら 6 つの段階は

50

、検出データを6つの範囲に区切って得るような単純な処理では判定できないという問題がある。

特許文献1に記載されるように、マットレス型圧力センサのような圧力センサを使って睡眠段階を判定することができれば、被測定者に負担を強いることなく睡眠状態の診断が可能になる。しかし、従来から提案されている手法では、レム睡眠などの判定精度が高くなく、結果的に睡眠段階の推定の信頼性がそれほど良くないという問題があった。

【0007】

本発明の目的は、被測定者に負担をかけずに、被測定者の睡眠段階を精度良く判定できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明の睡眠段階判定装置は、被測定者の体動及び心拍を検出するデータ処理部と、第1の判定処理と第2の判定処理を行う睡眠段階判定部とを備える。

第1の判定処理は、データ処理部で得た被測定者の体動の第1の期間毎の検出データの標準偏差値が、所定の閾値以上であるとき、覚醒又はステージ1のノンレム睡眠と判定し、所定の閾値以上でないとき、レム睡眠又はステージ2以下のノンレム睡眠と判定する。

第2の判定処理は、第1の判定処理で、レム睡眠又はステージ2以下のノンレム睡眠と判定した場合に、被測定者の第2の期間毎の心拍の中央値の増加率と、被測定者の体動の第3の期間毎の周波数解析結果に基づいて、レム睡眠と、ステージ2以下のノンレム睡眠とを区別する。

【0009】

また、本発明の睡眠段階判定方法は、被測定者の体動及び心拍を検出する検出処理と、第1の判定処理と、第2の判定処理と、を含む。

第1の判定処理は、検出処理で得た被測定者の体動の第1の期間毎の検出データの標準偏差値が、所定の閾値以上であるとき、覚醒又はステージ1のノンレム睡眠と判定し、所定の閾値以上でないとき、レム睡眠又はステージ2以下のノンレム睡眠と判定する。

第2の判定処理は、第1の判定処理で、レム睡眠又はステージ2以下のノンレム睡眠と判定した場合に、被測定者の第2の期間毎の心拍の中央値の増加率と、被測定者の体動の第3の期間毎の周波数解析結果に基づいて、レム睡眠と、ステージ2以下のノンレム睡眠とを区別する。

【0010】

また、本発明のプログラムは、上記睡眠段階判定方法の検出処理と第1の判定処理と第2の判定処理とを実行する手順を、コンピュータに実行させるものである。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、被測定者の睡眠中の体動及び心拍に基づいて、被測定者の睡眠段階を正確に判定できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の一実施の形態例による睡眠段階判定装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施の形態例による睡眠段階の判定状態の例を示す図である。

【図3】本発明の一実施の形態例の睡眠段階判定装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の一実施の形態例による睡眠段階判定処理の全体の流れを示すフローチャートである。

【図5】本発明の一実施の形態例による覚醒又はステージ1のノンレム睡眠とその他の睡眠との判別処理例を示すフローチャートである。

【図6】図5のフローチャートでの判別状態の例を示す特性図である。

10

20

30

40

50

【図 7】本発明の一実施の形態例によるセンサ値の 30 秒間標準偏差値と睡眠段階との対応の例を示す特性図である。

【図 8】本発明の一実施の形態例による覚醒とステージ 1 のノンレム睡眠との判別処理例を示すフローチャートである。

【図 9】図 8 のフローチャートでの判別状態の例を示す特性図である。

【図 10】本発明の一実施の形態例による心拍成分の判定処理例を示すフローチャートである。

【図 11】本発明の一実施の形態例による生体データの全周波数成分を利用したレム判定処理例を示すフローチャートである。

【図 12】本発明の一実施の形態例によるレム睡眠の判定処理例を示す図である。

【図 13】本発明の一実施の形態例によるレム睡眠の判定処理例を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の一実施の形態例によるレム睡眠の判定例を示す図である。

【図 15】本発明の一実施の形態例による実際の検出データからレム睡眠を判定した例を示す図である。

【図 16】本発明の一実施の形態例によるステージ 2 のノンレム睡眠とステージ 3 のノンレム睡眠との判定処理例を示すフローチャートである。

【図 17】図 16 のフローチャートでの判別状態の例を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の一実施の形態例（以下、「本例」と称する）について、添付図面を参照して説明する。

[ 1 . 睡眠段階判定装置の構成 ]

図 1 は、本例の睡眠段階判定装置 10 の構成を示すブロック図である。図 2 は、本例の睡眠段階判定装置 10 を使って睡眠段階の判定を行う状態の例を示す図である。

本例の睡眠段階判定装置 10 は、被測定者の体動をマットレスセンサ 2 で圧力データとして取得する。マットレスセンサ 2 は、例えば図 2 に示すように、被測定者 A が睡眠を行うベッド 1 のマットレスの上に敷いて、被測定者 A の睡眠中の上半身の体動を圧力の変化として検出する。被測定者 A の下側になるマットレスの上にマットレスセンサ 2 を配置するのは一例であり、例えばマットレスの中にマットレスセンサ 2 を内蔵させてもよい。

図 2 では、ベッド 1 の脇に睡眠段階判定装置 10 を設置し、マットレスセンサ 2 と睡眠段階判定装置 10 をケーブルで接続した例を示すが、例えばマットレスセンサ 2 が取得した圧力データを、無線伝送で別の部屋の睡眠段階判定装置 10 に伝送するようにしてもよい。

【0014】

睡眠段階判定装置 10 は、図 1 に示すように、生体データ取得部 11 と、生体データ処理部 12 と、睡眠段階判定部 13 と、出力部 14 とを備える。

生体データ取得部 11 は、マットレスセンサ 2 が出力する圧力データを取得する。生体データ取得部 11 が取得した圧力データは、生体データ処理部 12 に供給される。生体データ処理部 12 は、供給される圧力データの解析処理を行う。具体的には、圧力データをサンプリングしてデジタルデータ化し、そのデジタルデータ化された圧力データの高速フーリエ変換処理（以下、「FFT 処理」と称する）により、各周波数の成分を取得する。そして、取得したそれぞれの周波数成分の状態から、心拍と呼吸の状態を判別する。すなわち、圧力データを FFT 処理で得た周波数成分の中で、心拍及び呼吸に相当する周波数成分から、心拍数と呼吸数を判別する。

さらに、生体データ処理部 12 は、FFT 処理で得た周波数成分を使って、睡眠段階の解析に必要なデータ処理を行う。

【0015】

そして、生体データ処理部 12 で解析した結果が睡眠段階判定部 13 に供給される。睡眠段階判定部 13 は、生体データ処理部 12 で解析した結果に基づいて、被測定者 A の睡

10

20

30

40

50

眠状態を判定する。睡眠段階判定部 13 は、レム睡眠の睡眠状態と、レム睡眠以外の睡眠状態の判定を行う。さらに、睡眠段階判定部 13 は、レム睡眠以外の睡眠状態として、覚醒とノンレム睡眠（ステージ 1～4）の 5 段階の判定を行う。なお、以下の説明では、レム睡眠の睡眠状態と、レム睡眠以外の睡眠状態との判定を行う処理を中心に説明し、レム睡眠以外の睡眠状態を 5 段階（覚醒及びノンレム睡眠のステージ 1～4）に判定する処理の説明は省略する。なお、ノンレム睡眠の睡眠段階は、睡眠の深さと対応付けて考えられており、ステージ 1 から 4 の順に睡眠が深くなることを示す。例えば、ステージ 2 はステージ 1 よりも睡眠が深く、「ステージ 2 以下」と記載した場合には、ステージ 2～4 を示す。

#### 【0016】

出力部 14 は、睡眠段階判定部 13 が判定した睡眠段階を出力する。出力部 14 は、例えば表示装置により構成され、睡眠段階を表示する。あるいは、出力部 14 を記録装置として構成して、一晚の睡眠状態を記録するようにしてもよい。

#### 【0017】

##### [ 2 . 睡眠段階判定装置のハードウェア構成例 ]

図 3 は、睡眠段階判定装置 10 をコンピュータ装置で構成した場合のハードウェア構成例を示す。

コンピュータ装置 C は、バス C8 に接続された CPU (Central Processing Unit : 中央処理装置) C1、ROM (Read Only Memory) C2、及び RAM (Random Access Memory) C3 を備える。さらに、コンピュータ装置 C は、不揮発性ストレージ C4、ネットワークインターフェイス C5、入力装置 C6、及び表示装置 C7 を備える。

#### 【0018】

CPU C1 は、睡眠段階判定装置 10 の生体データ処理部 12 や睡眠段階判定部 13 が備える各機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを ROM C2 から読み出して実行する。圧力データを周波数解析する FFT 処理についても、該当する処理を実行するプログラムを ROM C2 から読み出して、CPU C1 が実行する。RAM C3 には、演算処理の途中に発生した変数やパラメータ等が一時的に書き込まれる。

#### 【0019】

不揮発性ストレージ C4 としては、例えば、HDD (Hard disk drive)、SSD (Solid State Drive)、フレキシブルディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリ等が用いられる。この不揮発性ストレージ C4 には、OS (Operating System)、各種のパラメータの他に、コンピュータ装置 C を睡眠段階判定装置 10 として機能させるためのプログラムが記録されている。また、睡眠段階判定部 13 が判定した睡眠段階についてのデータが、不揮発性ストレージ C4 に記録される。

#### 【0020】

ネットワークインターフェイス C5 には、例えば、NIC (Network Interface Card) 等が用いられ、端子が接続された LAN (Local Area Network)、専用線等を介して各種のデータを送受信することが可能である。例えば、コンピュータ装置 C は、マットレスセンサ 2 が出力する圧力データを、ネットワークインターフェイス C5 を介して取得する。入力装置 C6 は、例えばキーボード等の機器で構成され、この入力装置 C6 により、睡眠段階判定装置 10 で睡眠段階を判定する期間の設定や、睡眠段階の表示形態の指示等が行われる。表示装置 C7 は、睡眠段階判定装置 10 で判定された睡眠段階を表示する。

なお、睡眠段階判定装置 10 をコンピュータ装置から構成するのは一例であり、例えば FFT 処理などのデータ処理を、専用のハードウェアを用意して行うようにしてもよい。

#### 【0021】

##### [ 3 . 睡眠段階判定処理の全体の流れ ]

図 4 は、本例の睡眠段階判定装置 10 の睡眠段階判定部 13 が行う睡眠段階判定処理手順の全体の流れを示すフローチャートである。なお、既に説明したように、睡眠段階としては、覚醒、レム睡眠、及び 4 つのノンレム睡眠（ステージ 1～4）の 6 段階が存在する

10

20

30

40

50

が、ここでは、ステージ4のノンレム睡眠をステージ3のノンレム睡眠に含めるようにして、覚醒、レム睡眠、及び3つのノンレム睡眠（ステージ1～3）の5段階の判定を行う。

#### 【0022】

まず、睡眠段階判定装置10の睡眠段階判定部13は、生体データ処理部12にデータの入力があると（ステップS1）、そのデータの検出処理で得たセンサ値の標準偏差を用いて、覚醒又はステージ1のノンレム睡眠の状態（ステップS2）と、レム睡眠又はステージ2,3のノンレム睡眠（ステップS3）とを判別する処理を行う。

そして、睡眠段階判定部13は、ステップS2の覚醒又はステージ1のノンレム睡眠の状態と判別したデータを使って、覚醒の状態（ステップS4）と、ステージ1のノンレム睡眠の状態（ステップS5）とを判別する処理を行う。

10

#### 【0023】

また、睡眠段階判定部13は、ステップS2のレム睡眠又はステージ2,3のノンレム睡眠の状態と判別したデータを使って、レム睡眠の状態（ステップS6）と、ステージ2,3のノンレム睡眠の状態（ステップS7）とを判別する処理を行う。さらに、睡眠段階判定部13は、ステップS7のステージ2,3のノンレム睡眠の状態と判別したデータを使って、ステージ2のノンレム睡眠の状態（ステップS8）と、ステージ3のノンレム睡眠の状態（ステップS9）とを判別する処理を行う。

以下、この図4に示すそれぞれの判別処理の詳細について説明する。

#### 【0024】

20

[4.レム睡眠及びステージ2,3のノンレム睡眠と他の睡眠との判別処理]

次に、図4のフローチャートに示した、覚醒又はステージ1のノンレム睡眠の状態（ステップS2）と、レム睡眠又はステージ2,3のノンレム睡眠（ステップS3）とを判別する処理の詳細について説明する。

図5は、この覚醒又はステージ1のノンレム睡眠の状態と、レム睡眠又はステージ2,3のノンレム睡眠とを判別する処理の例を示すフローチャートである。

まず、生体データ処理部12は、圧力データをFFT処理で得た周波数成分の中で、16Hzの信号成分から1秒間の平均を求め、その1秒間の平均値から、30秒間の標準偏差の値を計算する（ステップS101）。なお、本例では30秒間を1エポック区間と称する。

30

#### 【0025】

そして、睡眠段階判定部13は、ステップS101で生体データ処理部12により得られた1エポック区間（30秒間）の標準偏差の値が、予め設定された閾値X以上か否かを判断する（ステップS102）。この判断で、30秒間の標準偏差の値が閾値X以上と判断したとき（ステップS102のYES）、睡眠段階判定部13は、該当する1エポック区間について、覚醒又はステージ1のノンレム睡眠と判断する（ステップS103）。

また、ステップS102の判断で、1エポック区間の標準偏差の値が閾値X以上でない場合には（ステップS102のNO）、睡眠段階判定部13は、該当する1エポック区間について、レム睡眠又はステージ2,3のノンレム睡眠と判断する（ステップS104）。

40

#### 【0026】

図6は、閾値Xの設定例を示す図である。図6の横軸は、生体データ取得部11が取得したセンサ値の16Hzの信号成分を示し、縦軸は、それぞれのセンサ値の出現頻度を示す。ここでは正規化したセンサ値（正規化値）を使用しているが、正規化を行うのは一例である。横軸のセンサ値が大きい状態は、寝返りなどの粗体動を検出した状態であり、センサ値が小さい状態は、筋の単収縮を検出した状態に相当する。

#### 【0027】

図6に示す3つの特性WAKE, REM, NREM1は、それぞれ睡眠状態が覚醒,レム睡眠,ステージ1のノンレム睡眠を示す。すなわち、特性WAKEは、睡眠状態が覚醒のときの16Hzの信号成分のセンサ値の分布特性を示す。また、特性REMは、睡眠状

50

態がレム睡眠のときの16Hzの信号成分のセンサ値の分布特性を示す。さらに、特性NREM1は、睡眠状態がステージ1のノンレム睡眠のときの16Hzの信号成分のセンサ値の分布特性を示す。

【0028】

この図6の3つの特性WAKE, REM, NREM1を比較すると分かるように、覚醒のときの特性WAKEと、睡眠状態がステージ1のノンレム睡眠のときの特性NREM1については、比較的大きな体動が多い状態であり、閾値Xよりもセンサ値が大きい状態の出現頻度が高い。一方、レム睡眠のときの特性REMは、閾値Xよりもセンサ値が小さい状態の出現頻度が高い。また、図6には示されていないが、ステージ2やステージ3のノンレム睡眠のときの特性についても、比較的体動が小さい状態であり、閾値Xよりもセンサ値が小さい状態になる。

10

【0029】

図7は、ある被測定者についての、生体データ処理部12が取得したセンサ値の1エポック区間(30秒間)ごとの16Hzの信号成分のセンサ値と、それぞれの区間での睡眠段階とを示す。図7の横軸の数値は、時刻(時間:分:秒)を示し、ここでは睡眠開始から睡眠終了までの一晩の状態を示す。

【0030】

図7Aに示す睡眠段階は、被測定者の頭部に電極を装着して、従来から知られた手法であるPSGで判定したものである。ここでは、判定結果として、覚醒(WAKE)、レム睡眠(REM)、ステージ1のノンレム睡眠(NREM1)、ステージ2のノンレム睡眠(NREM2)の4段階で示す。なお、図7Aでは、ステージ2のノンレム睡眠(NREM2)は省略するが、図7に示す被測定者の場合、ステージ3のノンレム睡眠はほとんど検出されていない。

20

【0031】

図7Bの縦軸に示す数値(0から1000を超える値)は、1エポック区間(30秒間)のセンサ値の16Hzの成分の標準偏差値を示す。図7Bに示す特性は、センサ値の1エポック区間ごとの標準偏差値を示している。

【0032】

ここで、睡眠段階判定部13は、図7Bに示す値200の近傍に閾値Xを設定する。この閾値Xの値は、あくまでも一例である。

30

標準偏差値が閾値X以上である場合には、睡眠段階判定部13は、覚醒(WAKE)又はステージ2のノンレム睡眠(NREM1)と判定する。また、標準偏差値が閾値X未満である場合には、睡眠段階判定部13は、レム睡眠(REM)又はステージ2,3のノンレム睡眠(NREM2, NREM3)と判定する。

【0033】

図7に示す例では、睡眠開始後に最初に閾値Xを超えたタイミングt1では、PSGの手法で覚醒(WAKE)と判定される。次に閾値Xを超えたタイミングt2では、PSGの手法でステージ1のノンレム睡眠(NREM1)と判定される。以下、タイミングt3では、PSGの手法で覚醒(WAKE)と判定され、タイミングt4では、PSGの手法でステージ1のノンレム睡眠(NREM1)と判定され、タイミングt5では、PSGの手法で覚醒(WAKE)と判定される。

40

このように、センサ値の1エポック区間の16Hzの信号成分のセンサ値が閾値X以上となる殆どの区間は、PSGの手法で覚醒(WAKE)又はステージ1のノンレム睡眠(NREM1)と判定され、本例による判定で得た睡眠段階が、従来から知られた電極を使ったPSGの手法で得た睡眠段階とほぼ一致していることが分かる。

【0034】

[5. 覚醒とステージ1のノンレム睡眠との判別処理]

図8は、睡眠段階判定部13が、覚醒とステージ1のノンレム睡眠とを判別する処理を示すフローチャートである。この図8のフローチャートに示す処理は、図4のフローチャートにおいて、ステップS4の睡眠段階と、ステップS5の睡眠段階とを判別する処理に

50



相当する。

先に説明したように、睡眠段階判定部 13 は、1 エポック区間 (30 秒間) のセンサ値の 16 Hz の成分の標準偏差値が閾値 X 以上の区間が、覚醒とステージ 1 のノンレム睡眠のいずれかであると判別する。このような状態を判別したとき、睡眠段階判定部 13 は、その標準偏差値が閾値 X 以上の区間が、1 エポック区間を越える区間連続するか否かを判断する (ステップ S 105)。

【0035】

ステップ S 105 の判断で、標準偏差値が閾値 X 以上の区間が、1 エポック区間を越える区間連続すると判断した場合 (ステップ S 105 の YES) には、睡眠段階判定部 13 は、連続した区間の内の最後の 1 エポック区間をステージ 1 のノンレム睡眠 (NREM 1) と判断し、最後の 1 エポック区間を除いた残りの区間を覚醒 (WAKE) と判定する (ステップ S 106)。

また、ステップ S 105 での判断で、睡眠段階判定部 13 は、標準偏差値が閾値 X 以上の区間が、1 エポック区間だけであると判断した場合 (ステップ S 105 の NO)、睡眠段階判定部 13 は、該当する 1 エポック区間を覚醒 (WAKE) と判定する (ステップ S 107)。

【0036】

図 9 は、標準偏差値が閾値 X 以上の区間が、1 エポック区間を越えた場合の睡眠段階の設定例を示す。

図 9 の横軸は時刻 (時間 : 分 : 秒) を示す。ここでは、2 時 26 分 02 秒に閾値 X 以上となり、その閾値 X 以上の状態が 2 時 27 分 14 秒まで続いた場合を示す。このとき、睡眠段階判定部 13 は、最後の 1 エポック区間 (30 秒間) である 2 時 26 分 44 秒から 2 時 27 分 14 秒までを、ステージ 1 のノンレム睡眠 (NREM 1) と判定し、それよりも前の残りの閾値 X 以上の区間 (2 時 26 分 02 秒から 2 時 26 分 44 秒まで) を、覚醒 (WAKE) と判定する。

このように判定することで、睡眠段階判定部 13 は、覚醒の睡眠段階とステージ 1 のノンレム睡眠の睡眠段階とを適切に区別する。

【0037】

[6. レム睡眠の判定処理]

次に、本例の睡眠段階判定装置 10 が行うレム睡眠の判定処理について説明する。

このレム睡眠の判定処理は、図 4 のフローチャートにおいて、ステップ S 3 の段階から、ステップ S 6 の睡眠段階を判別する処理に相当する。また、ステップ S 3 の段階において、以下に説明する判定処理でレム睡眠でないとして判定した場合、睡眠段階判定部 13 は、ステップ S 7 のステージ 2 又は 3 のノンレム睡眠段階と判別することになる。

【0038】

本例の睡眠段階判定装置 10 は、2 種類の手法によりレム睡眠の判定処理 (第 1 のレム睡眠期間判定処理及び第 2 のレム睡眠期間判定処理) を行い、その 2 種類の手法によるレム睡眠の判定結果を総合的に判断して、最終的にレム睡眠の期間の判定結果を得る。ここでは、2 種類の手法を手法 1 及び手法 2 と称する。

2 種類の手法の詳細は後述するが、手法 1 は、心拍数変動に着目したレム睡眠判定手法であり、手法 2 は、全周波数成分を用いた機械学習によるレム睡眠判定手法である。睡眠段階判定装置 10 は、これらの 2 つの手法を使ったハイブリッド構造でレム睡眠判定を行うものである。

【0039】

まず、手法 1 によるレム睡眠の判定処理について説明する。

この手法 1 では、レム睡眠時に心拍数が揺らぐという生理学的な観点を利用して、レム睡眠を推定する。

【0040】

図 10 は、手法 1 によるレム睡眠の判定処理を示すフローチャートである。

まず、生体データ処理部 12 は、FFT 処理で周波数解析したデータから、心拍の値を

10

20

30

40

50

取得する。生体データ処理部 12 は、検出された心拍について、一定時間（ここでは 5 分間）毎の中央値 HR を算出する（ステップ S 1 1 1）。

そして、生体データ処理部 12 は、検出した心拍の中央値 HR の 5 分毎の変動量 HR を算出し、その 5 分毎の変動量 HR を閾値 TH 1 と比較する（ステップ S 1 1 2）。

ここでは、推定する時刻から直前 5 分間の心拍の中央値を  $HR_{curr}$ 、5 分前から 10 分前までの心拍の中央値を  $HR_{prev}$  としたとき、次の [ 数 1 ] 式により、変動量 HR を得る。

【 0 0 4 1 】

【 数 1 】

$$\Delta HR = (\Delta HR_{curr} - \Delta HR_{prev}) / \Delta HR_{prev}$$

10

【 0 0 4 2 】

ステップ S 1 1 2 では、このようにして得た 5 分毎の変動量 HR と閾値 TH 1 とを比較する。このステップ S 1 1 2 の比較では、閾値 TH 1 を 0.04 とし、 $HR > 0.04$  の条件を満たすか否かを判断する。

ステップ S 1 1 2 で、 $HR > 0.04$  の条件を満たさない場合には（ステップ S 1 1 2 の NO）、生体データ処理部 12 は、該当する条件を満たすまで待機する。

そして、 $HR > 0.04$  の条件を満たすと判断したとき（ステップ S 1 1 2 の YES）、生体データ処理部 12 は、レム睡眠期間（手法 1 によるレム睡眠期間）の開始と判断する（ステップ S 1 1 3）。その後、生体データ処理部 12 は、変動量 HR の減少率が減少したか否かを判断する（ステップ S 1 1 4）。なお、「減少率が減少」するとは、例えば、HR の値が 0.07 から 0.06 に変わることをいう。ここで、変動量 HR の減少率が減少しないとき（ステップ S 1 1 4 の NO）、生体データ処理部 12 は、変動量

20

HR の減少率が減少するまで待機する。また、変動量 HR の減少率が減少したとき（ステップ S 1 1 4 の YES）、生体データ処理部 12 は、レム睡眠期間（手法 1 によるレム睡眠期間）の終了を判断し（ステップ S 1 1 5）、ステップ S 1 1 2 の変動量 HR と閾値 TH 1 との比較に戻る。

このように、手法 1 では、心拍数の変動量に基づいてレム睡眠の期間を判断することができる。

【 0 0 4 3 】

30

次に、手法 2 によるレム睡眠の判定処理について説明する。

この手法 2 は、アンサンブル学習による機械学習手法であるランダムフォレスト（Random Forests）を用いて、レム睡眠とレム睡眠以外とを判定する手法である。この手法 2 では、一定期間（ここでは 30 秒間）のマットレスセンサ 2 が取得した圧力データに対して FFT 処理を施すことで周波数解析を行って、レム睡眠を判定するものである。

【 0 0 4 4 】

図 11 は、手法 2 によるレム睡眠の判定処理を示すフローチャートである。

まず、生体データ処理部 12 は、生体データ取得部 11 が取得した生体データを一定期間（1 エポック区間：30 秒間）ごとに分割し、一定期間ごとの生体データに対して FFT 処理で周波数解析を行うことで周波数表現された生体データ生成する（ステップ S 1 2 1）。そして、FFT 処理された生体データの全周波数成分について正規化を行い、全周波数成分の総和が 1 になるようにする。なお、ここで正規化を行うのは一例であり、正規化を行わないデータを扱うようにしてもよい。

40

そして、生体データ処理部 12 は、その一定期間毎の圧力データを使って、ランダムフォレストの機械学習手法による 2 値判定を行う（ステップ S 1 2 2）。ランダムフォレストの機械学習による 2 値判定の詳細については後述する。

【 0 0 4 5 】

その後、生体データ処理部 12 は、ステップ S 1 2 2 による 2 値判定で、レム睡眠の条件を満たすか否かを判断する（ステップ S 1 2 3）。この判断でレム睡眠の条件を満たさない場合には（ステップ S 1 2 3 の NO）、ステップ S 1 2 1 の処理に戻り、生体データ

50

処理部 12 は、次の一定期間の処理に移る。

そして、この判断でレム睡眠の条件を満たした場合には（ステップ S 123 の YES）、生体データ処理部 12 は、該当する一定期間（30 秒間）をレム睡眠期間（手法 2 によるレム睡眠期間）に設定し（ステップ S 124）、その後ステップ S 121 の処理に戻り、次の一定期間の処理に移る。

#### 【0046】

図 12 は、ランダムフォレストの機械学習による 2 値判定状態を説明する図である。

まず、図 12 の上側に示すように、生体データ処理部 12 は、30 秒間の圧力データ D1 を取得する。圧力データ D1 のグラフの縦軸はセンサ値であり、横軸は時間（30 秒間）を示す。

この圧力データ D1 について、生体データ処理部 12 が FFT 処理を施すことで、周波数成分毎の強度値を示した FFT データ D2 を得る。FFT データ D2 のグラフの縦軸は強度値であり、横軸は周波数（0.016 Hz ~ 5.0 Hz）を示す。ここでは、FFT データ D2 として、5 Hz 以下の周波数成分のみの 300 次元ベクトルのデータとする。

#### 【0047】

生体データ処理部 12 は、この 300 次元ベクトルのデータから、ランダムフォレストと称される機械学習のアルゴリズムを使って、予測モデルである決定木を複数生成する。すなわち、図 12 に示すように、複数の決定木  $T_1, T_2, \dots, T_N$ （N は任意の整数）を生成する。それぞれの決定木は、各周波数成分の状態がどのようなかに基づいて分岐して、各睡眠段階（ここではレム睡眠段階）の判定を得るものである。例えば、図 12 の左下に示すように、決定木  $T_1$  のある段階 Sa では、周波数成分 0.3 Hz の正規化値が 0.25 より小さいか否かを判断し、その判断で、正規化値が 0.25 より小さいとき未確定と判定し、0.25 以上のとき、レム睡眠と判定する。そして、その未確定の場合（0.3 Hz の成分の正規化値が 0.25 より小さいとき）に、次の段階 Sb で、周波数成分 1.5 Hz の正規化値が 0.05 より大きいと判断し、その判断で、正規化値が 0.05 より大きいとき、ノンレム睡眠と判定し、正規化値が 0.05 以下のとき、レム睡眠と判定する。

#### 【0048】

このようにして、決定木  $T_1$  に基づいて FFT データ D2 を解析することで、レム睡眠か否かの判定  $q_1$  を得る。また、決定木  $T_1$  とは別の条件の決定木  $T_2$  に基づいて FFT データ D2 を解析することで、レム睡眠か否かの判定  $q_2$  を得る。このようにして、それぞれ異なる条件の決定木  $T_1, T_2, \dots, T_N$  毎に、レム睡眠か否かの判定  $q_1, q_2, \dots, q_N$  を得る。

そして、生体データ処理部 12 は、複数の決定木  $T_1, T_2, \dots, T_N$  毎に得たレム睡眠か否かの判定  $q_1, q_2, \dots, q_N$  の多数決で、現在の 30 秒間の期間がレム睡眠か否かを判定する。

#### 【0049】

図 13 は、手法 1 でレム睡眠と判定した区間と、手法 2 でレム睡眠と判定した区間とを使って、レム睡眠期間を確定する処理例を示すフローチャートである。このレム睡眠期間を確定する処理は、睡眠段階判定部 13 が判定する。

まず、睡眠段階判定部 13 は、手法 1 でレム睡眠と判定した区間があるか否かを判断する（ステップ S 131）。この判断で、手法 1 によりレム睡眠と判定した区間がない場合には（ステップ S 131 の NO）、睡眠段階判定部 13 は、探索した期間内にレム睡眠の期間がないと判断して、レム睡眠期間を探索する処理を終了する。

そして、手法 1 によりレム睡眠と判定した区間がある場合には（ステップ S 131 の YES）、睡眠段階判定部 13 は、手法 1 によりレム睡眠と判定した区間と、手法 2 によりレム睡眠と判定した区間とが重なる区間があるか否かを判断する（ステップ S 132）。

#### 【0050】

さらに、ステップ S 132 の判断で、手法 1 によりレム睡眠と判定した区間と、手法 2 によりレム睡眠と判定した区間とが重なる区間がある場合には（ステップ S 132 の YE

10

20

30

40

50

S)、手法1によりレム睡眠と判定した区間を含み、一定期間以内(ここでは2分以内)に手法2でレム睡眠と判定した区間が存在する全ての期間を、レム睡眠期間と確定する(ステップS133)。また、ステップS132の判断で、手法1によりレム睡眠と判定した区間と、手法2によりレム睡眠と判定した区間とが重なっていない場合には(ステップS132のNO)、手法1によりレム睡眠と判定した区間を、レム睡眠期間と確定する(ステップS134)。

【0051】

図14は、図13のフローチャートに示した手法1での判定結果と手法2での判定結果から、レム睡眠の期間を確定する処理状態の例を示す説明図である。

図14Aの例は、ある期間に、手法1による判定でレム睡眠と判定した区間があり、その区間と重なる期間に、手法2による判定でレム睡眠と判定した区間がない場合を示す。この図14Aに示す状態の場合には、睡眠段階判定部13は、手法1でレム睡眠と判定した区間を、レム睡眠期間と確定する。この図14Aの確定処理は、図13のフローチャートのステップS134でレム睡眠と確定する処理に相当する。

10

【0052】

図14Bの例は、ある期間に、手法1による判定でレム睡眠と判定した区間があり、その区間と重なる期間に、手法2による判定でレム睡眠と判定した区間がある場合を示す。この場合には、睡眠段階判定部13は、手法1による判定でレム睡眠と判定した区間を全てレム睡眠期間と確定すると共に、手法2による判定でレム睡眠と判定した区間についても、レム睡眠期間と確定する。なお、ここでの手法2による判定でレム睡眠と判定した区間は、手法2によって、2分以内にレム睡眠と判定した区間がある期間を、連続したレム睡眠期間とする。この図14Bの確定処理は、図13のフローチャートのステップS133でレム睡眠と確定する処理に相当する。

20

【0053】

図14Cの例は、ある期間に、手法2による判定でレム睡眠と判定した区間があり、手法1では該当する区間をレム睡眠と判定しない場合を示す。この場合には、睡眠段階判定部13は、該当する区間をレム睡眠とは確定しない。

【0054】

図15は、被測定者の睡眠状態を判定した例を示す。図15の特性BW及び特性HRの横軸は時間を示し、この図15では数時間の睡眠中の特性BW及び特性HRを示す。

30

図15の上側に示す特性BWは、被測定者の睡眠状態(睡眠段階)を、脳波計により測定した例(つまり本例の睡眠段階判定装置10とは別の装置により測定した例)を示す。この特性BWのグラフの縦軸において、Aと示す位置は覚醒を示し、1, 2, 3, 4の数字で示す位置はノンレム睡眠のステージ1~4を示す。図15に示す特性BWでは、レム睡眠の期間の判定を行っていないが、ノンレム睡眠のステージ1と覚醒との間に、レム睡眠が存在することになる。

【0055】

ここで、図15の特性BWに重ねて示す区間R1, R2, R3, R4, R5は、本例の睡眠段階判定装置10が手法1と手法2の双方の判定結果から確定したレム睡眠期間である。

40

【0056】

図15の下側に示す特性HRは、心拍数の変化を示す。この心拍数を示す特性HRは、図2に示すマットレスセンサ2が検出した圧力データに基づいて、睡眠段階判定装置10が取得したものである。この心拍数の変動を示す特性HRの中で、前後の心拍数よりも一時的に高くなるピークの位置ra1, ra2, ra3, ra4, ra5(図15で破線の円で示す部分のほぼ中央部)は、手法1でレム睡眠と判定した区間に相当する。

手法1でレム睡眠と判定した区間ra1, ra2, ra3, ra4, ra5は、特性HRの心拍数がピークとなる位置であり、比較的短時間の区間である。

【0057】

また、図15に示す複数の区間rbは、それぞれが手法2でレム睡眠と判定した区間で

50

ある。図 15 では、レム睡眠期間 R 4 及び R 5 の付近のみ、手法 2 でレム睡眠と判定した区間 r b を示し、その他の区間は図示を省略する。

本例の場合、手法 2 でレム睡眠と判定する 1 つの区間 r b は 30 秒間であり、その 30 秒間の区間 r b が 2 分以内に存在したとき、手法 2 で判定したレム睡眠が連続していると見なして、1 つのレム睡眠期間（例えば期間 R 4 や R 5）が確定する。但し、本例の場合には、その 30 秒間の区間 r b が 2 分以内に存在した期間が、手法 1 でレム睡眠と判定した区間 r a 1 ~ r a 5 と重なっていない箇所については、レム睡眠でないと判定する。

#### 【0058】

このようにして、心拍に基づいてレム睡眠を判定する手法 1 と、マットレスセンサ 2 が検出した圧力データの周波数分布の機械学習に基づいてレム睡眠を判定する手法 2 とを組み合わせて、レム睡眠の期間を判定することで、非常に精度の高いレム睡眠の判定ができるようになる。

具体的には、心拍に基づいてレム睡眠を判定する手法 1 では、図 15 の区間 r a 1 ~ r a 5 で分かるように、比較的短時間の区間をレム睡眠と判定しており、実際のレム睡眠の長さとは一致していない可能性が高い。

一方、検出データの周波数分布の機械学習からレム睡眠を判定する手法 2 では、例えば図 15 の区間 R 4 と区間 R 5 の間の、最終的にレム睡眠と確定しない期間であっても、レム睡眠と判定される区間 r b が存在し、レム睡眠と判定する精度がそれ程高くない可能性があった。

#### 【0059】

ここで、本例の場合には、この手法 1 と手法 2 を組み合わせて、少なくとも手法 1 でレム睡眠と判定された区間があり、かつ手法 2 でレム睡眠と判定される区間 r b が一定期間（2 分間）以内に存在した場合に、レム期間 R 1 ~ R 5 と確定するようにしたことで、非常に精度の高いレム睡眠期間の判定が行えるようになる。

しかも本例の場合には、手法 1 の判定を行うための心拍データと、手法 2 の判定を行うための体動の周波数分布のデータのいずれについても、マットレスセンサ 2 が取得した被測定者の体動に基づいた圧力データであり、脳波を測定する場合と異なり、被測定者に負担をかけずに、的確なレム睡眠の判定ができるようになる。

#### 【0060】

##### [ 7 . ノンレム睡眠（ステージ 2 , 3）の判定処理 ]

次に、本例の睡眠段階判定装置 10 が行う、ステージ 2 のノンレム睡眠と、ステージ 3 のノンレム睡眠の判定処理を説明する。図 16 は、ステージ 2 のノンレム睡眠と、ステージ 3 のノンレム睡眠とを判別する処理の例を示すフローチャートである。

このステージ 2 , 3 のノンレム睡眠の判定処理は、図 4 のフローチャートにおいて、ステップ S 7 の睡眠段階を判別する処理に相当する。なお、ステップ S 7 の睡眠段階と判別する状態は、ステップ S 3 の状態から、ステップ S 6 のレム睡眠と判別しなかった区間の睡眠状態である。

#### 【0061】

まず、ステップ S 7 の睡眠段階の区間であると判断した睡眠段階判定部 13 は、そのステップ S 7 の睡眠段階の区間（ステージ 2 又は 3 のノンレム睡眠の区間）の後の区間が、レムであるか否かを判断する（ステップ S 141）。ここで、ステップ S 7 の睡眠段階の区間と判別した区間に続いた区間がレム睡眠段階と判別したとき（ステップ S 141 の YES）、睡眠段階判定部 13 は、レム睡眠に変化する直前の 1 エポック区間（30 秒間）を、ステージ 3 のノンレム睡眠と判定し、それより前の残りのステップ S 7 の睡眠段階の区間を、ステージ 2 のノンレム睡眠と判定する（ステップ S 142）。そして、ステップ S 141 で、ステップ S 7 の睡眠段階の区間であると判断した場合に、後の区間がレム睡眠になることを判定しない場合には（ステップ S 141 の NO）、睡眠段階判定部 13 は、ステップ S 141 の判断を繰り返し行う。

#### 【0062】

図 17 は、図 16 のフローチャートの判別処理状態の例を示す。図 16 の横軸は時間を

10

20

30

40

50

示し、時間の変化に応じて、ステージ 2 のノンレム睡眠 ( N R E M 2 ) と、ステージ 3 のノンレム睡眠 ( N R E M 3 ) とを判別する例を示す。

図 17 に示すように、あるタイミングでレム睡眠 ( R E M ) 状態と判別したとき、睡眠段階判定部 13 は、それ以前の区間がステージ 2 又は 3 のノンレム睡眠の区間であるとき、レム睡眠に変化する直前の 1 エポック区間 ( 30 秒間 ) を、ステージ 3 のノンレム睡眠 ( N R E M 3 ) と判別する。さらに、睡眠段階判定部 13 は、ステージ 2 又は 3 のノンレム睡眠の区間の残りの区間を、ステージ 2 のノンレム睡眠 ( N R E M 2 ) と判別する。

【 0063 】

以上説明したように、本例の睡眠段階判定装置 10 によると、図 4 のフローチャートに示した流れで睡眠段階判定処理手順を実行することで、それぞれの睡眠段階を精度良く判別することができる。すなわち、本例の睡眠段階判定装置 10 によると、図 2 に示すように被測定者が睡眠を行うベッド 1 の下に敷いたマットレスセンサ 2 から得たセンサ値の解析のみで、被測定者の頭部に電極を装着して行う測定手法と同等の高精度の睡眠段階の判別ができるようになる。したがって、被測定者の体に電極を装着するなどの負担を強いることなく、精度の良い測定ができ、日常的に睡眠している状態と全く同じ状態で、被測定者の睡眠状態を測定できるようになる。

10

【 0064 】

なお、上述した実施の形態例では、レム睡眠判定時の手法 1 の判定を行うための心拍データと、レム睡眠判定時の手法 2 の判定を行うための体動の周波数分布のデータの双方を、同じセンサ ( マットレスセンサ 2 ) の出力データから得るようにしたが、例えば心拍データについては、別のセンサから取得するようにして、手法 2 の判定を行うための体動の周波数分布のデータのみを、マットレスセンサ 2 から得るようにしてもよい。

20

【 0065 】

また、上述した実施の形態例で説明した、1 エポック区間の長さ ( 30 秒間 )、レム睡眠判定時の手法 1 の判定を行うための心拍の判断期間 ( ステップ S 111 での 5 分間 )、レム睡眠判定時の手法 2 の判定を行うための周波数分布の集計期間 ( ステップ S 121 での 30 秒間 ) などの長さは、好適な一例を示したものであり、これらの値に限定されるものではない。さらに、上述した実施の形態例で説明した閾値の値や、16 Hz などの周波数成分の値についても、上述した値は一例であり、その他の値を設定してもよい。

30

【 0066 】

また、上述した実施の形態例では、覚醒、ステージ 1 のノンレム睡眠、レム睡眠、ステージ 2, 3 のノンレム睡眠の 5 段階の判定を行う場合について説明したが、ステージ 4 のノンレム睡眠を含めた 6 段階の判定を行うようにしてもよい。この場合には、ステージ 3 のノンレム睡眠と判定した区間について、さらにステージ 3 のノンレム睡眠と、ステージ 4 のノンレム睡眠とを区別する処理を行うようにすればよい。

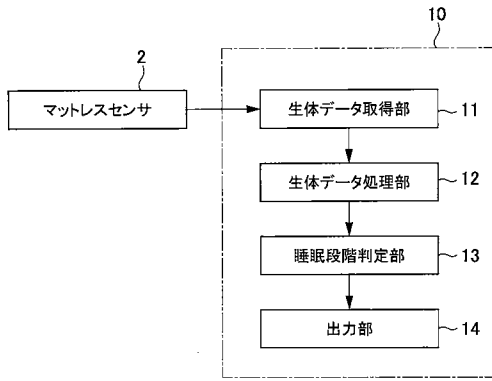
【 符号の説明 】

【 0067 】

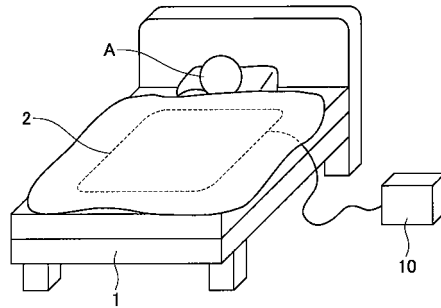
1 ... ベッド、2 ... マットレスセンサ、10 ... 睡眠段階判定装置、11 ... 生体データ取得部、12 ... 生体データ処理部、13 ... 睡眠段階判定部、14 ... 出力部、A ... 被測定者、C ... コンピュータ装置、C1 ... CPU、C2 ... ROM、C3 ... RAM、C4 ... 不揮発性ストレージ、C5 ... ネットワークインターフェイス表示部、C6 ... 入力装置、C7 ... 表示装置、C8 ... バス

40

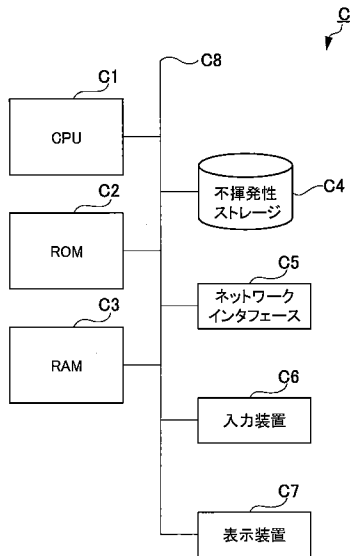
【 図 1 】



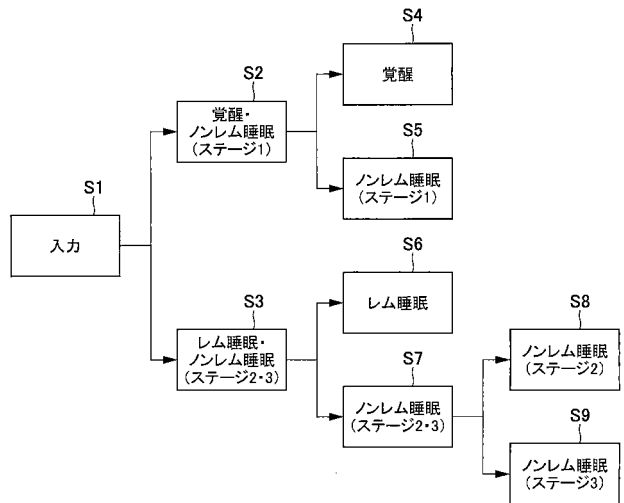
【 図 2 】



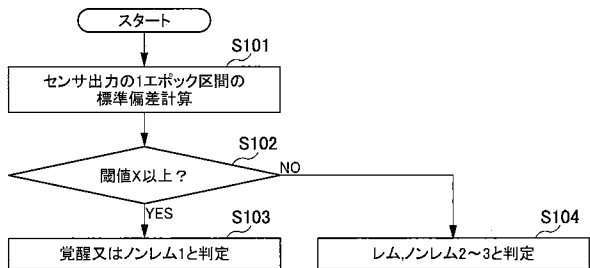
【 図 3 】



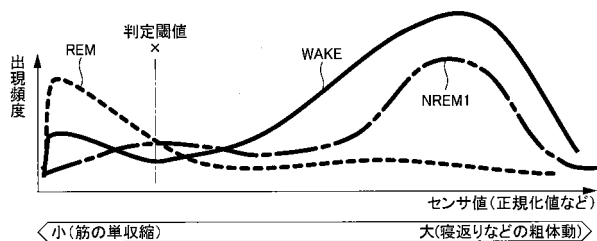
【 図 4 】



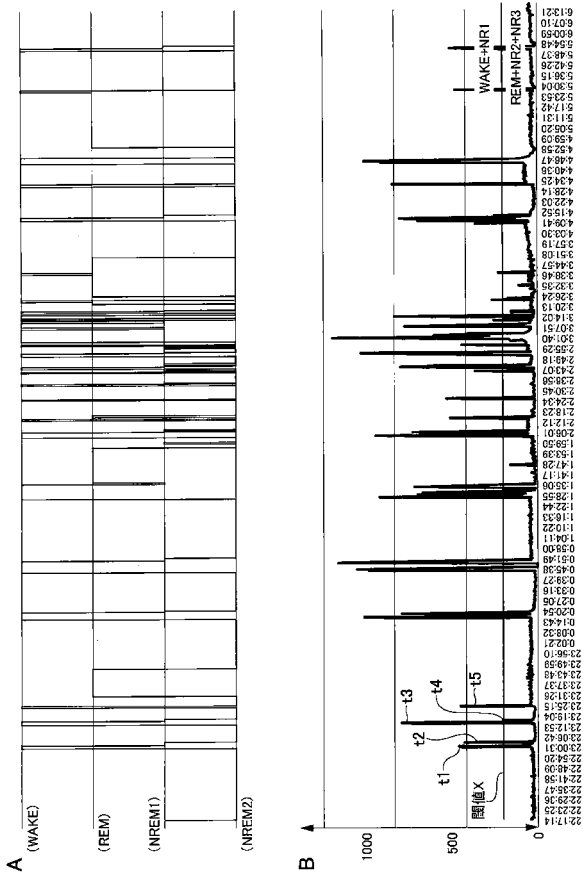
【 図 5 】



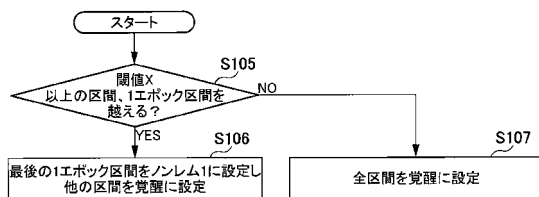
【 図 6 】



【 図 7 】

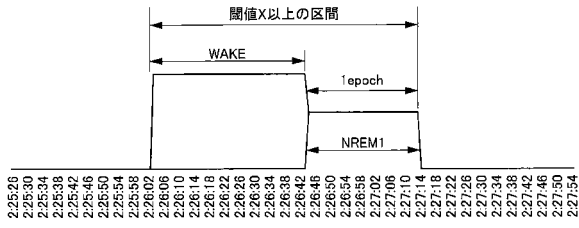


【 図 8 】

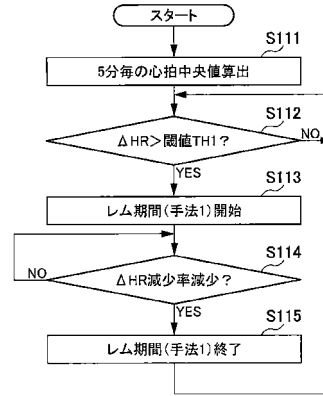




【 図 9 】

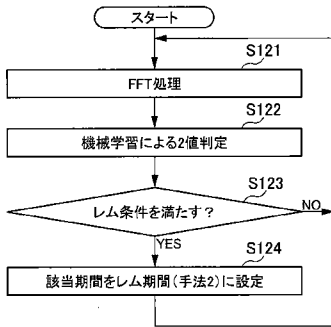


【 図 10 】



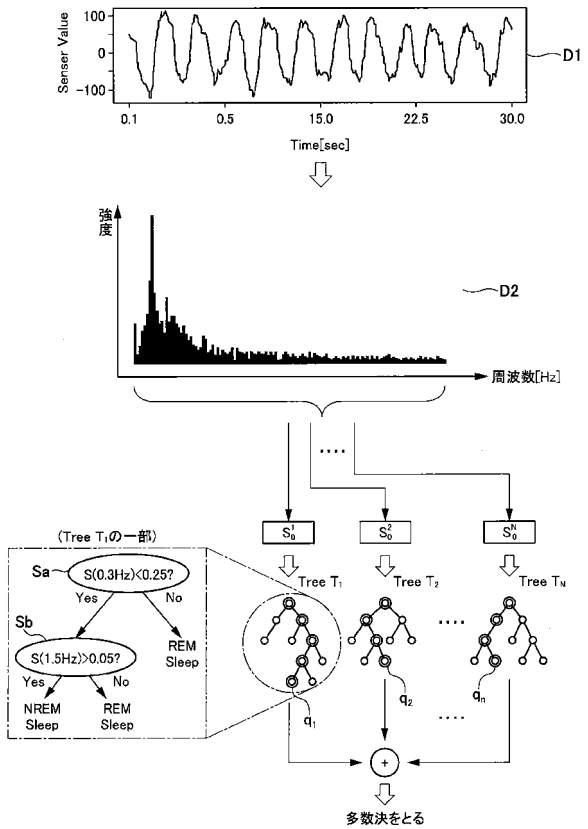
心拍成分の判定処理例

【 図 11 】

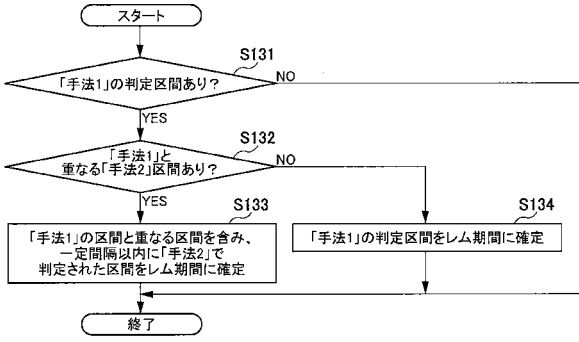


生体データの全周波数成分を利用したレム判定処理例

【 図 12 】

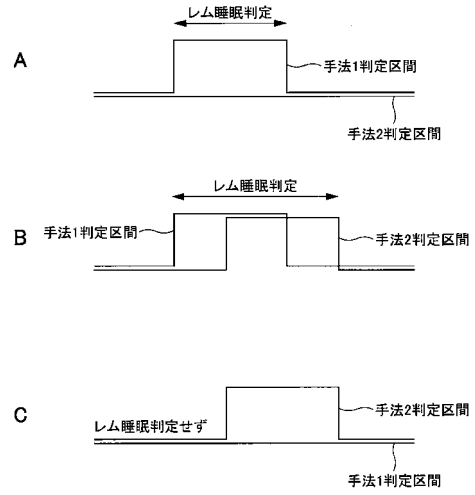


【 図 1 3 】



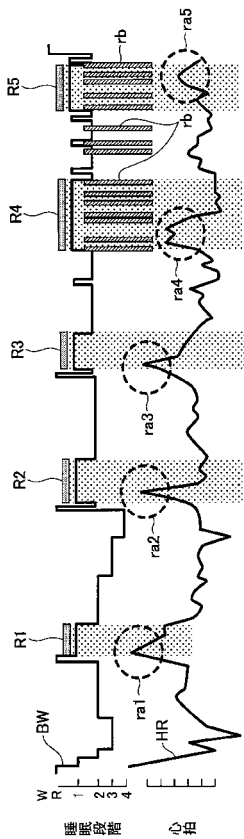
レム睡眠区間の確定処理例

【 図 1 4 】

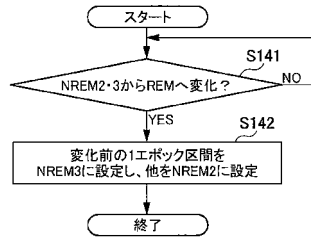


レム睡眠期間確定処理

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 17 】

