

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6890543号
(P6890543)

(45) 発行日 令和3年6月18日(2021.6.18)

(24) 登録日 令和3年5月27日(2021.5.27)

(51) Int.Cl.

A61M 21/02 (2006.01)
A61B 5/377 (2021.01)

F 1

A 6 1 M 21/02 C
A 6 1 B 5/04 3 2 0 M
A 6 1 M 21/02 G

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-546058 (P2017-546058)
 (86) (22) 出願日 平成27年11月11日 (2015.11.11)
 (65) 公表番号 特表2017-536219 (P2017-536219A)
 (43) 公表日 平成29年12月7日 (2017.12.7)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2015/058698
 (87) 國際公開番号 WO2016/083929
 (87) 國際公開日 平成28年6月2日 (2016.6.2)
 審査請求日 平成30年11月8日 (2018.11.8)
 (31) 優先権主張番号 62/083,995
 (32) 優先日 平成26年11月25日 (2014.11.25)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 590000248
コーニングクレッカ フィリップス エヌ
ヴェ
KONINKLIJKE PHILIPS
N. V.
オランダ国 5656 アーヘー アイン
ドーフェン ハイテック キャンパス 5
2
(74) 代理人 110001690
特許業務法人M&Sパートナーズ
(72) 発明者 ゲーリングス アレクサンダー コーネリ
ス
オランダ国 5656 アーヘー アイン
ドーフェン ハイ テック キャンパス
ビルディング 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】徐波活動を向上させるために睡眠中の感覚刺激の持続時間を調節するためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被験者に提供される個々の感覚刺激のパラメータを調節するシステムであって、前記システムは、

前記個々の感覚刺激を前記被験者に提供する感覚刺激装置と、

現在の睡眠セッション中の前記被験者の脳波活動に関する情報を搬送する出力信号を発生させる1つ又は複数のセンサと、

1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサと
を備え、前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサは、コンピュータ可読命令により、

前記出力信号に基づいて前記被験者が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断することと、

前記被験者が現在徐波睡眠中であることに応答して、前記感覚刺激装置を制御して、前記個々の感覚刺激を前記被験者に提供することであって、前記個々の感覚刺激が、前記個々の感覚刺激の持続時間であるように構成される第1のパラメータを有することと、

前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激に対する前記被験者の慣れを検出することであって、慣れが、前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激の前記提供後のある期間にわたる前記出力信号に基づいて検出されること、

前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激に対する前記被験者の慣れの検出に応答して、前記第1のパラメータを調節することと

10

20

を行い、

前記個々の感覚刺激が音であり、前記第1のパラメータの調節が、音量を変化させることなく、前記被験者に知覚される感覚刺激の変化をもたらすように行われる、システム。

【請求項2】

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサは、前記被験者の時間に対する徐波活動の曲線の微分及び／又は傾向の分析に基づいて慣れが検出されるように構成される、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサは、前記第1のパラメータを調節することが前記第1のパラメータのレベルを増加させること及び／又は前記第1のパラメータのレベルを減少させることを含むように構成される、請求項1に記載のシステム。 10

【請求項4】

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサは、前記被験者の睡眠セッション中の前記個々の感覚刺激の提供後、前記被験者の徐波睡眠が止まるまで、前記慣れの検出と、前記個々の感覚刺激の前記第1のパラメータの前記調節とを1回又は複数回にわたり繰り返す、請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

パラメータ決定システムの作動の方法であって、前記パラメータ決定システムは、感覚刺激装置と、1つ又は複数のセンサと、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサとを備え、前記方法は、 20

前記1つ又は複数のセンサが、脳波活動に関係する情報を搬送する出力信号を発生させるステップと、

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサが、前記出力信号に基づいて、徐波睡眠状態を判断するステップと、

前記判断に応答して、前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサが、前記感覚刺激装置を制御して、個々の感覚刺激を発生させるステップであって、前記個々の感覚刺激が、前記個々の感覚刺激の持続時間であるように構成される第1のパラメータを有する、ステップと、

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサが、前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激に対する慣れの状態を検出するステップであって、慣れが、前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激の前記発生後のある期間にわたる前記出力信号に基づいて検出される、ステップと、 30

前記検出に応答して、前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサが、前記第1のパラメータを調節するステップと

を含み、

前記個々の感覚刺激が音であり、前記第1のパラメータの調節が、音量を変化させることなく、被験者に知覚される感覚刺激の変化をもたらすように行われる、方法。

【請求項6】

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサが、時間に対する徐波活動の曲線の微分に基づいて、前記個々の感覚刺激の慣れを検出するステップを更に含む、請求項5に記載の方法。 40

【請求項7】

前記1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサが前記第1のパラメータを調節するステップは、前記第1のパラメータのレベルを増加させるステップ及び／又は前記第1のパラメータのレベルを減少させるステップを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項8】

慣れの検出と、前記個々の感覚刺激の前記第1のパラメータの調節とは、前記個々の感覚刺激の発生後、1回又は複数回にわたり繰り返される、請求項5に記載の方法。

【請求項9】

被験者に提供される個々の感覚刺激のパラメータを調節するシステムであって、

50

個々の感覚刺激を前記被験者に提供するための手段と、

現在の睡眠セッション中の前記被験者の脳波活動に関する情報を搬送する出力信号を発生させるための手段と、

前記出力信号に基づいて前記被験者が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断するための手段と、

前記被験者が現在徐波睡眠中であることに応答して、感覚刺激装置を制御して、前記個々の感覚刺激を前記被験者に提供するための手段であって、前記個々の感覚刺激が、前記個々の感覚刺激の持続時間であるように構成される第1のパラメータを有する、手段と、

前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激に対する前記被験者の慣れを検出するための手段であって、慣れが、前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激の前記提供後のある期間にわたる前記出力信号に基づいて検出される、手段と、

前記第1のパラメータを有する前記個々の感覚刺激に対する前記被験者の慣れの検出に応答して、前記第1のパラメータを調節するための手段と備え、

前記個々の感覚刺激が音であり、前記第1のパラメータの調節が、音量を変化させることなく、前記被験者に知覚される感覚刺激の変化をもたらすように行われる、システム。

【請求項10】

慣れは、前記被験者の時間に対する徐波活動の曲線の微分に基づいて検出される、請求項9に記載のシステム。

【請求項11】

前記第1のパラメータを調節するステップは、前記第1のパラメータのレベルを増加させること及び／又は前記第1のパラメータのレベルを減少させることを含む、請求項9に記載のシステム。

【請求項12】

慣れの検出と、前記個々の感覚刺激の前記第1のパラメータの調節とは、前記被験者の睡眠セッション中の前記個々の感覚刺激の提供後、前記被験者の徐波睡眠が止まるまで1回又は複数回にわたり繰り返される、請求項9に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[01] 本開示は、被験者の徐波活動を向上させるために睡眠中の感覚刺激の持続時間を調節するためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

[02] 睡眠を監視するためのシステムが知られている。睡眠中の感覚刺激が知られている。睡眠中の感覚刺激は、被験者の睡眠パターンに必ずしも対応しないインターバル及び／又は強度で連続的に印加されることが多い。本開示は、特に慣れ（即ち、刺激の斬新性が知覚されないことによる徐波活動向上効果の低下）に関連する先行技術システムの欠点を克服する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

[03] 従って、本開示の1つ又は複数の態様は、被験者に提供される個々の感覚刺激のパラメータを調節するように構成されたシステムに関する。このシステムは、個々の感覚刺激を被験者に提供するように構成された感覚刺激装置と、現在の睡眠セッション中の被験者の脳波活動に関する情報を搬送する出力信号を発生させるように構成された1つ又は複数のセンサと、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサとを備える。1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサは、コンピュータ可読命令により、出力信号に基づいて被験者が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断することと、被験者が現在徐波睡眠中であることに応答して、感覚刺激装置を制御して、個々の感覚刺激を被験者に提供す

10

20

30

40

50

ることであって、個々の感覚刺激が第1のパラメータを有する、提供することと、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れを検出することであって、慣れが、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激の提供後のある期間にわたる出力信号に基づいて検出される、検出することと、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れの検出に応答して、第1のパラメータを調節することとを行うように構成される。

【0004】

[04] 本開示の更に別の態様は、パラメータ決定システムによって被験者に提供される個々の感覚刺激のパラメータを調節するように構成された方法に関する。システムは、感覚刺激装置と、1つ又は複数のセンサと、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサとを備える。この方法は、1つ又は複数のセンサにより、現在の睡眠セッション中の被験者の脳波活動に関する情報を搬送する出力信号を発生させるステップと、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサにより、出力信号に基づいて被験者が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断するステップと、被験者が現在徐波睡眠中であることに応答して、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサにより、感覚刺激装置を制御して、個々の感覚刺激を被験者に提供するステップであって、個々の感覚刺激が第1のパラメータを有する、ステップと、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサにより、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れを検出するステップであって、慣れが、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激の提供後のある期間にわたる出力信号に基づいて検出される、ステップと、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れの検出に応答して、1つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサによって第1のパラメータを調節するステップとを含む。

10

20

30

【0005】

[05] 本開示の更に別の態様は、被験者に提供される個々の感覚刺激のパラメータを調節するように構成されたシステムに関する。このシステムは、個々の感覚刺激を被験者に提供するための手段と、現在の睡眠セッション中の被験者の脳波活動に関する情報を搬送する出力信号を発生させるための手段と、出力信号に基づいて被験者が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断するための手段と、被験者が現在徐波睡眠中であることに応答して、感覚刺激装置を制御して、個々の感覚刺激を被験者に提供するための手段であって、個々の感覚刺激が第1のパラメータを有する、手段と、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れを検出するための手段であって、慣れが、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激の提供後のある期間にわたる出力信号に基づいて検出される、手段と、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れの検出に応答して、第1のパラメータを調節するための手段とを備える。

【0006】

[06] 本開示のこれら及び他の目的、特徴、及び特性、並びに関連の構造要素の操作法及び機能、並びに製造の部品と経済性との組合せは、添付図面を参照して、以下の説明及び添付の特許請求の範囲を考察すればより明らかになるであろう。添付図面は、全て本明細書の一部を成し、図面中、同様の参照番号は様々な図中の対応する部分を表す。しかし、図面は、例示及び説明の目的のものに過ぎず、本開示の範囲を定めるものとして意図されていないことを明確に理解すべきである。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】[07] 被験者の睡眠セッション中の徐波活動を向上させるために、睡眠中の感覚刺激に対する被験者の慣れを低減するように構成されたシステムの概略図である。

【図2】[08] 被験者によって装着される被験者装着具を含むシステムの一実施形態を示す。

【図3A】[09] 被験者の慣れに対する、感覚刺激のブロック間でトーン持続時間を見る効果を示す。

【図3B】[10] 刺激のタイミング及び持続時間を変化させて斬新性を導入するための個

50

々の感覚刺激のグループ化を示す。

【図4】[11] 感覚刺激のシーケンスに応答する徐波活動に対する効果、及び感覚刺激に対する被験者の最終的な慣れを示す。

【図5】[12] (1000ミリ秒の刺激に対する)トーン持続時間に対する聴覚信号の知覚される相対ラウドネスを示す。

【図6】[13] 被験者の覚醒と慣れとの両方を検出し、検出された覚醒及び/又は慣れに基づいて感覚信号のパラメータを調節するシステムの一実施形態を示す。

【図7】[14] 徐波活動を向上させるために感覚刺激のパラメータを調節するための方法を示す。

【発明を実施するための形態】

10

【0008】

[15] 本明細書で使用するとき、単数形は、コンテキスト上明確に指示されていない限り複数を含む。本明細書で使用するとき、2つ以上の部品又は構成要素が「結合される」という表現は、連係が生じる限り、それらの部品が直接又は間接的に(即ち1つ又は複数の中間部品又は構成要素を介して)接合されるか、又は一緒に動作することを意味するものとする。本明細書で使用されるとき、「直接結合される」とは、2つの要素が互いに直接接触していることを意味する。本明細書で使用されるとき、「固定して結合される」又は「固定される」とは、2つの構成要素が互いにに対して一定の向きを保ちながら一体として移動するように結合されることを意味する。

【0009】

20

[16] 本明細書で使用するとき、語「単体」は、構成要素が一部片又は单一のユニットとして作製されることを意味する。即ち、個別に作成され、次いでユニットとして一体に結合された部片を含む構成要素は、「単体」構成要素又は物体ではない。本明細書で採用するとき、2つ以上の部品又は構成要素が互いに「係合する」という表現は、それらの部品が直接、又は1つ若しくは複数の中間部品若しくは構成要素を介して力を及ぼし合うことを意味する。本明細書で採用されるとき、用語「数」は、1又は2以上の整数(即ち複数)を意味するものとする。

【0010】

[17] 本明細書で使用する方向に関わる語句、例えば、限定するものではないが「上」、「下」、「左」、「右」、「上側」、「下側」、「前」、「後」、及びそれらの派生語は、図面に示される要素の向きに関係しており、本明細書に明示的に記載しない限り、特許請求の範囲を限定するものではない。

30

【0011】

[18] 図1は、被験者12に提供される感覚刺激(例えば、1つ又は複数の聴覚トーン)のパラメータ(例えば、持続時間)を決定及び/又は調節して、感覚刺激への被験者12の慣れを低減し、睡眠セッション中の被験者12の徐波活動を増加させるように構成されたシステム10の例示的な実施形態を概略的に示す。幾つかの実施形態では、システム10は、被験者12に提供される個々の感覚刺激の持続時間を決定及び/又は調節して、睡眠セッション中の睡眠徐波を増加し、感覚刺激に対する被験者12の慣れを低減するように構成される。個々の感覚刺激の持続時間(例えば、刺激の長さ)の調節は、感覚刺激の頻繁な調節を容易にし、感度(例えば、周波数)及び/又は安全性の限度(例えば、音量)によって制限されずに斬新性を加える。システム10は、被験者12の徐波活動に基づいて慣れを検出する。睡眠徐波の周波数は、人により異なる。一人の人間の睡眠徐波の周波数は、時間と共に(例えば、年齢と共に又は睡眠圧に依存して)変化し得る。被験者12が感覚刺激に慣れてくると、睡眠徐波の周波数は、单一の睡眠セッション中及び/又は睡眠セッションでの徐波睡眠の单一の周期中に変化し得る。一定であって変化しないパラメータを有する感覚刺激は、時間と共に、慣れにより、睡眠徐波/徐波活動を誘発/向上する効果が低くなり得る。システム10は、(例えば、個々の刺激直後の)被験者12の徐波活動の量を検出及び/決定し、被験者12に提供される感覚刺激のパラメータ(例えば、持続時間)をカスタマイズして、慣れを低減させ、被験者12の睡眠徐波を増加さ

40

50

せるように構成される。幾つかの実施形態では、システム10は、感覚刺激装置16、センサ18、プロセッサ20、電子記憶装置22、ユーザインターフェース24、及び／又は他の構成要素のうちの1つ又は複数を備え得る。

【0012】

[19] 図1には、感覚刺激装置16、センサ18、プロセッサ20、電子記憶装置22、及びユーザインターフェース24が個別の実体として示されている。これは限定を意図していない。システム10の構成要素及び／又は他の構成要素の幾つか及び／又は全てが1つ又は複数の個々のデバイスにグループ化され得る。例えば、図2は、被験者12によって装着される被験者装着具200（例えば、ヘッドバンド、リストバンド、及び／又は他の装着具）を示す。装着具200は、検知電極204、基準電極205、EEGに関連する1つ若しくは複数のデバイス206、ワイヤレスオーディオデバイス208、1つ若しくは複数のオーディオスピーカ210、及び／又は他の構成要素のうちの1つ又は複数を含む。オーディオスピーカ210は、被験者12の耳の中及び／又は耳の近くに位置し得る。基準電極205は、例えば被験者12の耳の後ろに位置し得る。図2に示される例では、検知電極204は、被験者12の前頭部EEGに関する情報、被験者12に関する左右の目の情報（例えば、センサ18の出力信号で搬送される脳波活動情報）、及び／又は他の情報を搬送する出力信号を発生させるように構成され得る。出力信号は、ワイヤレスで及び／又はワイヤを介してコンピューティングデバイス（例えば、デバイス206に含まれるベッドサイドのラップトップ）に送信され得る。聴覚刺激は、ワイヤレスオーディオデバイス208、スピーカ210、及び／又は他の聴覚構成要素を介して被験者12に送達され得る。聴覚刺激に関する情報を含むオーディオ信号が（例えば、デバイス206に含まれるコンピューティングデバイスによって）発生され得る。幾つかの実施形態では、オーディオ信号は、ワイヤレスオーディオデバイス208によって受信される。検知電極204、基準電極205、及びデバイス206は、例えば図1でのセンサ18によって表現され得る。ワイヤレスオーディオデバイス208及びスピーカ210は、例えば図1に示される感覚刺激装置16によって表現され得る。

【0013】

[20] 図1に戻ると、感覚刺激装置16は、被験者12に感覚刺激を提供するように構成される。感覚刺激装置16は、睡眠セッションの前、睡眠セッション中、及び／又は他の時間に被験者12に感覚刺激を提供するように構成される。例えば、感覚刺激装置16は、睡眠セッションでの徐波睡眠中に被験者12に感覚刺激を提供するように構成され得る。感覚刺激装置16は、被験者12に感覚刺激を提供して、被験者12の徐波活動（SWA:slow wave activity）を誘発及び／又は調節するように構成され得る。幾つかの実施形態では、感覚刺激装置16は、SWAの誘発及び／又は調節が被験者12における睡眠徐波の誘発、増加、及び／又は向上を含むように構成され得る。SWAは、0.5～4.5Hzの帯域での脳波図（EEG:electroencephalogram）信号のパワーに対応する。幾つかの実施形態では、この帯域は、0.5～4Hzに設定される。SWAは、所与の睡眠セッションの周期的な変動にわたって典型的な拳動を有する。SWAは、非急速眼球運動（NREM:non-rapid eye movement）睡眠中に増加し、急速眼球運動（REM:rapid-eye-movement）睡眠の開始前に減少し、REM中は低いままである。連続するNREMエピソード中のSWAは、エピソード毎に徐々に減少する。所与の睡眠セッション中の被験者12に関するEEGからSWAが推定され得る。

【0014】

[21] 幾つかの実施形態では、感覚刺激装置16は、非侵襲性の脳刺激及び／又は他の方法により、睡眠徐波に衝撃（例えば、誘発、増加、向上、及び／又は他の衝撃）をもたらすように構成され得る。感覚刺激装置16は、感覚刺激を使用して非侵襲性の脳刺激によって睡眠徐波に影響を及ぼすように構成され得る。感覚刺激は、匂い、音、視覚的刺激、触覚、味覚、及び／又は他の刺激を含む。例えば、睡眠徐波を誘発、増加、及び／又は向上するために、音響トーンが被験者12に提供され得る。感覚刺激装置16の例は、音楽再生器、音発生器、被験者12の頭皮に付けた電極の集合、振動刺激（身体感覚刺激と

10

20

30

40

50

しても知られている)を送達するためのユニット、脳の皮質を直接刺激するために磁場を発生させるコイル、光発生器、フレグランスディスペンサ、及び/又は他のデバイスを含むことがある。

【0015】

[22] センサ18は、現在の睡眠セッション中の被験者12の脳波活動に関する情報を搬送するように構成される。幾つかの実施形態では、センサ18は、被験者12の現在の睡眠段階に関する情報を搬送する出力信号を発生させるように構成される(例えば、脳波活動は睡眠段階に関係する)。被験者12の現在の睡眠段階は、非急速眼球運動(NREM)段階N1、段階N2、又は段階N3の睡眠、急速眼球運動(REM)睡眠、及び/又は他の睡眠段階の1つ又は複数に対応し得る。幾つかの実施形態では、NREM段階3又は段階2の睡眠が、徐波睡眠であり得る。センサ18は、そのような情報を(例えば、脳波活動/睡眠段階)を直接測定する1つ又は複数のセンサを備え得る。例えば、センサ18は、被験者12の脳内の電流から生じる被験者12の頭皮に沿った電気的活動を検出するように構成された電極を含むことがある。センサ18は、被験者12の脳波活動及び/又は現在の睡眠段階に関する情報を間接的に搬送する出力信号を発生させる1つ又は複数のセンサを備え得る。例えば、1つ又は複数のセンサ18は、被験者12の心拍(例えば、センサ18は、被験者12の胸部に位置する心拍センサであり得、及び/又は被験者12の手首に付けるブレスレットとして構成され得、及び/又は被験者12の別の手足に位置し得る)、被験者12の動き(例えば、センサ18は、加速度計を備える被験者12の手首及び/又は足首に巻いたブレスレットを含み得、それにより、アクチグラフィ信号を使用して睡眠が分析され得る)、被験者12の呼吸、及び/又は被験者12の他の特性に基づいて出力を発生させ得る。センサ18は、被験者12付近の単一の位置に図示されているが、これは限定を意図していない。センサ18は、複数の位置に配設されたセンサを含み得る。そのような位置は、例えば、感覚刺激装置16の内部の(又は感覚刺激装置16と通信する)位置、被験者12の衣類と(着脱可能に)結合された位置、(例えば、ヘッドバンド、リストバンド等として)被験者12によって装着された位置、被験者12の睡眠中に被験者12に向くように位置決めされた位置(例えば、被験者12の動きに関係する出力信号を搬送するカメラ)、及び/又は他の位置である。

【0016】

[23] プロセッサ20は、システム10に情報処理機能を提供するように構成される。従って、プロセッサ20は、デジタルプロセッサ、アナログプロセッサ、及び情報を処理するように設計されたデジタル回路、情報を処理するように設計されたアナログ回路、状態機械、並びに/又は情報を電子的に処理するための他のメカニズムのうちの1つ又は複数を備え得る。図1ではプロセッサ20は単一の実体として示されているが、これは例示に過ぎない。幾つかの実施形態では、プロセッサ20は、複数の処理ユニットを備え得る。これらの処理ユニットは、同じデバイス(例えば、感覚刺激装置16)内に物理的に位置し得、又はプロセッサ20は、協動する複数のデバイスの処理機能を表現し得る。

【0017】

[24] 図1に示されるように、プロセッサ20は、1つ又は複数のコンピュータプログラム構成要素を実行するように構成される。1つ又は複数のコンピュータプログラム構成要素は、睡眠段階構成要素32、徐波睡眠タイミング構成要素33、制御構成要素34、慣れ構成要素36、調節構成要素38、及び/又は他の構成要素のうちの1つ又は複数を備え得る。プロセッサ20は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、ハードウェア、及び/若しくはファームウェアの何らかの組合せ、並びに/又はプロセッサ20での処理機能を構成するための他のメカニズムにより、構成要素32、33、34、36、及び/又は38を実行するように構成され得る。

【0018】

[25] 図1には、構成要素32、33、34、36、及び/又は38が単一の処理ユニットの内部に一緒に位置しているものとして示されているが、プロセッサ20が複数の処理ユニットを備える実施形態では、構成要素32、33、34、36、及び/又は38の

10

20

30

40

50

うちの 1 つ又は複数が他の構成要素の遠隔に位置し得ることを理解すべきである。構成要素 3 2、3 3、3 4、3 6、及び / 又は 3 8 の任意のものが、述べられるものよりも多い又は少ない機能を提供し得るため、以下に述べる様々な構成要素 3 2、3 3、3 4、3 6、及び / 又は 3 8 によって提供される機能の説明は例示であり、限定を意図していない。例えば、構成要素 3 2、3 3、3 4、3 6、及び / 又は 3 8 のうちの 1 つ又は複数が省略され得、その機能の一部又は全体が他の構成要素 3 2、3 3、3 4、3 6、及び / 又は 3 8 によって提供され得る。別の例として、プロセッサ 2 0 は、以下では構成要素 3 2、3 3、3 4、3 6、及び / 又は 3 8 のうちの 1 つに属する機能の一部又は全体を実施し得る 1 つ又は複数の追加の構成要素を実行するように構成され得る。

【0019】

10

[26] 睡眠段階構成要素 3 2 は、センサ 1 8 及び / 又は他の情報からの出力信号に基づいて被験者 1 2 が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断するように構成される。睡眠段階構成要素 3 2 は、被験者 1 2 の現在の徐波活動の量を決定し、被験者 1 2 が現在徐波睡眠中であるかどうかを現在の徐波活動の量が示すかどうかを決定するように構成される。上述したように、被験者 1 2 の現在の睡眠段階及び徐波活動の量は、覚醒、REM 睡眠、段階 N 1、段階 N 2、及び / 又は段階 N 3 の睡眠のうちの 1 つ又は複数に対応し得る。睡眠段階構成要素 3 2 は、被験者 1 2 が現在徐波睡眠中であるかどうかを判断するように構成される。幾つかの実施形態では、徐波睡眠及び / 又は徐波活動は、段階 N 3 の睡眠に対応し得る。幾つかの実施形態では、段階 N 2 及び / 又は段階 N 3 の睡眠が徐波睡眠であり得る。

20

【0020】

[27] 幾つかの実施形態では、睡眠段階構成要素 3 2 は、センサ 1 8 の出力信号によって搬送される情報の分析に基づいて被験者 1 2 の現在の睡眠段階を決定し得る。この分析は、被験者 1 2 の睡眠セッション中の EEG の生成及び / 又は監視を含み得る。幾つかの実施形態では、この分析は、EEG のデルタ帯域でのパワー及び / 又はベータ帯域でのパワーに基づいて徐波睡眠を検出することを含み得る。デルタ帯域でのパワーは、通常、0.5 ~ 4.5 Hz の周波数範囲内のパワーとして定義される。ただし、周波数限度の標準的な定義はない。ベータ帯域でのパワーは、通常、1.5 ~ 30 Hz の周波数範囲内のパワーとして定義される。ただし、範囲の限度の変動はごく一般的である。

【0021】

30

[28] 幾つかの実施形態では、睡眠段階構成要素 3 2 は、現在の睡眠セッション中の被験者の覚醒レベルを決定するように構成される。1 つ又は複数の覚醒レベルは、被験者 1 2 の覚醒のレベルを示し得る。1 つ又は複数の覚醒レベルは、センサ 1 8 の出力信号、電子記憶装置 2 2 に記憶されている情報、現在の睡眠セッションの前に実施された試験、ユーザインターフェース 2 4 を介して受信及び / 又は選択された情報、及び / 又は他の情報に基づいて決定され得る。幾つかの実施形態では、1 つ又は複数の覚醒レベルは、EEG に関係する情報の分析に基づいて決定され得る。例えば、覚醒の尤度は、短い時間窓（典型的には例えば約 1.5 秒の長さ）内でのベータ帯域での EEG パワーから定量化され得る。ベータ帯域でのパワーが閾値を超えることに応答して、システム 1 0 は、覚醒状態であることを検出し得る。幾つかの実施形態では、覚醒に関するベータ帯域パワー閾値は、被験者 1 2 の前の睡眠セッションに基づいて、人口統計学的に被験者 1 2 に類似する被験者の母集団に関する情報に基づいて、及び / 又は他の情報に基づいて決定され得る。例えば、ベータ帯域パワー閾値は、夜間の睡眠中の較正に基づいて決定され得、その期間中、被験者 1 2 の EEG が測定され、睡眠セッション全体を通じたベータパワーの統計が分析されて、閾値が設定される。ベータ帯域パワー閾値は、被験者の母集団に関するベータ閾値を含むデータベースによって決定され得る。被験者 1 2 に関するベータ帯域パワー閾値は、被験者 1 2 とデータベースに存在する被験者との人口統計学的なマッチングに基づいて決定され得る。そのような閾値を決定するための他の技法も企図される。

40

【0022】

[29] 徐波睡眠タイミング構成要素 3 3 は、現在の睡眠セッション中に被験者 1 2 の徐

50

波睡眠の個別時間周期を決定するように構成される。徐波睡眠タイミング構成要素33は、睡眠段階構成要素32による睡眠段階の決定（例えば、被験者12が現在徐波睡眠中であるかどうか）に基づいて、徐波睡眠の個別時間周期を検出するように構成される。徐波睡眠タイミング構成要素33は、周期開始時点及び終了時点、周期の長さ、周期の中間点、並びに／又は期間の識別（例えば、徐波睡眠の標示）を決定し得る。例えば、徐波睡眠タイミング構成要素33は、徐波睡眠の第1の個別時間周期を決定し得、それにより、第1の個別時間周期の開始が、現在の睡眠セッション中の第1の徐波睡眠エピソードの開始と一致し、及び／又は第1の徐波睡眠エピソードの終了（例えば、被験者12がもはや徐波睡眠中ではないと睡眠段階構成要素32が判断する）と共に停止する。例えば、徐波睡眠の第2の個別時間周期の開始は、現在の睡眠セッション中の徐波睡眠の第2のエピソードの開始と一致し得、及び／又は第2の徐波睡眠エピソードの終了と共に停止し得る。

10

【0023】

[30] 幾つかの実施形態では、徐波睡眠タイミング構成要素33は、睡眠段階構成要素32によって検出された徐波睡眠の周期開始からの時間量を決定するように構成される。幾つかの実施形態では、徐波睡眠タイミング構成要素33は、被験者12が現在徐波睡眠中であると睡眠段階構成要素32が判断してから所定時間量の後に個別時間周期が終了するように、個別時間周期を決定するように構成される。幾つかの実施形態では、1つ又は複数の所定時間量は、現在の睡眠セッション中の徐波睡眠の所与のエピソードに関する徐波睡眠の開始と徐波睡眠の終了との間の典型的な時間量に基づき得る。典型的な時間量は、被験者12の現在の睡眠セッション、被験者12の前の睡眠セッション、及び／又は他の睡眠セッションに基づいて決定され得る。幾つかの実施形態では、1つ又は複数の所定の時間量は、製造時にプログラムされ、ユーザインターフェース24を介してユーザによって設定され、及び／又は他の方法によって決定され得る。

20

【0024】

[31] 幾つかの実施形態では、睡眠段階構成要素32は、徐波睡眠の個別時間周期中に1つ又は複数の覚醒レベルを決定し得る。幾つかの実施形態では、徐波睡眠タイミング構成要素33は、睡眠段階構成要素32によって決定される覚醒レベルに基づいて、徐波睡眠の所与の個別時間周期の終了を決定し得る。

【0025】

[32] 制御構成要素34は、感覚刺激装置16を制御して、徐波睡眠の個別時間周期中（例えば、N3睡眠中）に感覚刺激を被験者12に提供するように構成される。制御構成要素34は、感覚刺激の1つ又は複数のパラメータを制御するように構成される。幾つかの実施形態では、制御構成要素34は、感覚刺激の持続時間（例えば、長さ）、タイミング、及び／又は他のパラメータを制御するように構成される。感覚刺激の送達に関するタイミング及び／又は持続時間は、被験者12が現在徐波睡眠中であるという判断、徐波睡眠の個別時間周期、及び／又は他の情報に対応し得る。例えば、制御構成要素34は、個々の感覚刺激がそれぞれ特定の持続時間（例えば、刺激の長さ）を有し得るように構成される。別の例として、制御構成要素34は、個々の刺激のタイミング（例えば、個々の感覚刺激それぞれの間の時間の長さ）を制御するように構成される。刺激は（以下に述べる）睡眠セッション中に時間にわたって被験者12に送達されるため、個々の刺激の持続時間、タイミング、及び／又は他のパラメータの制御は、被験者12によって知覚される刺激の斬新性の導入を容易にする。

30

40

【0026】

[33] 制御構成要素34は、感覚刺激装置16を制御して、提供される感覚刺激が徐波活動に関連する睡眠段階に対応するように被験者12に感覚刺激を提供するように構成され得る。なぜなら、その睡眠段階では、徐波誘発及び／又は特定の睡眠段階中の調節に関する尤度が他の睡眠段階よりも比較的高いことがあるため、ユーザが感覚刺激によって自覚める可能性が低いことがあるため、及び／又は他の理由のためである。

【0027】

[34] 幾つかの実施形態では、制御構成要素34は、感覚刺激装置16を制御して、聴

50

覚トーンの形態で感覚刺激を提供し、この聴覚トーンは、持続時間が短く（例えば、約 50 m s の長さ）、所定の周波数及び／又は持続時間有し、トーン間インターバル（例えば、上述したようなタイミング）によって互いに離隔されるように構成される。幾つかの実施形態では、聴覚トーン持続時間、周波数、持続時間、トーン間インターバル、及び／又は感覚刺激の他の特性の 1 つ又は複数が製造時にプログラムされ得、ユーザインターフェース 2 4 を介してユーザによって設定され得、被験者 1 2 の前の睡眠セッションに基づいてシステム 1 0 によって決定され得、現在の睡眠セッションに基づいて決定され得、及び／又は他の方法によって決定され得る。例えば、幾つかの実施形態では、制御構成要素 3 4 は、被験者 1 2 の前の睡眠セッション、覚醒時に被験者 1 2 に対して実施された試験、及び／又は他の情報に基づいて持続時間が決定されるように構成される。持続時間は、覚醒時に被験者 1 2 が知覚することが可能な最短持続時間（例えば、200 m s の聴覚信号）、及び／又は他の持続時間であり得る。被験者 1 2 の前の睡眠セッション中、及び／又は覚醒時に被験者 1 2 に対して実施された試験中の刺激の持続時間に関係する情報は、例えば電子記憶装置 2 2 に記憶され得る。幾つかの実施形態では、制御構成要素 3 4 は、被験者 1 2 の現在の睡眠セッションに関係する情報が電子記憶装置 2 2 に記憶されるようにし得る。現在の睡眠セッションに関係する情報は、感覚刺激の持続時間に関係する情報、感覚刺激の強度レベルに関係する情報、睡眠段階情報、タイミング情報、及び／又は他の情報を含み得る。

【 0 0 2 8 】

[35] 慣れ構成要素 3 6 は、個々の感覚刺激（例えば、制御構成要素 3 4 によって制御された第 1 の持続時間有する刺激）に対する被験者 1 2 の慣れを検出するように構成される。慣れは、感覚刺激に対する（例えば、拳動及び／又は皮質の）応答の低下である。反復される刺激に対する慣れは、刺激が前の刺激又は環境的状況に比べて低い斬新性を有するときに生じやすい。慣れは、必ずしも被験者 1 2 の疲労によるものではなく、むしろ感覚刺激に対する応答の低下によるものである。反復的な感覚刺激に対する慣れは、皮質応答の振幅の減少（EEG 及び／又は他の方法によって決定されるような SWA の減少）として現れる。慣れは、SWA 誘発、及び／又は制御構成要素 3 4 によって制御される感覚刺激の有効性に悪影響を与える。慣れは、個々の感覚刺激の提供後のある期間にわたるセンサ 1 8 からの出力信号、被験者 1 2 の EEG に関係する情報、及び／又は他の情報に基づいて検出される。幾つかの実施形態では、慣れ構成要素 3 6 は、提供される感覚刺激の有効性を決定すると考えられ得る。幾つかの実施形態では、慣れ構成要素 3 6 は、感覚刺激が被験者 1 2 に送達された直後の時間窓内で被験者 1 2 において測定された SWA に基づいて、提供される感覚刺激の有効性を決定するように構成される。

【 0 0 2 9 】

[36] 幾つかの実施形態では、慣れ構成要素 3 6 は、第 1 の持続時間（例えば、200 m s ）を有する個々の感覚刺激が被験者 1 2 の徐波活動を増加させるのに有効であるかどうかを決定するように構成される。幾つかの実施形態では、慣れ構成要素 3 6 は、第 1 の持続時間有する 2 つ以上の連続する感覚刺激が有効であるかどうかを判断するように構成される。例えば、慣れ構成要素 3 6 は、2 つの連続する感覚刺激に関して被験者 1 2 の SWA が有効性の低下を示す場合、慣れがあると判断し得る。慣れは、刺激直前の時間窓内の SWA と刺激直後の時間窓内の SWA を比較することによって決定され得る。幾つかの実施形態では、SWA は、EEG に（好ましくは 0.5 ~ 4 Hz の帯域内で）バンドパスフィルタリングを施し、結果を二乗し、時間窓（幾つかの実施形態では 10 秒の長さ）にわたって平均を取ることによって瞬時に推定され得るため、慣れが連続的に評価される。

【 0 0 3 0 】

[37] 調節構成要素 3 8 は、（例えば、第 1 の特定の持続時間パラメータ有する）個々の感覚刺激に対する被験者 1 2 の慣れの検出に応答して、個々の感覚刺激の 1 つ又は複数のパラメータ（例えば、持続時間）を調節するように構成される。調節構成要素 3 8 は、提供される感覚刺激の 1 つ又は複数のパラメータ（例えば、持続時間、タイミング、周

10

20

30

40

50

波数、音量、強度等)の調節を制御構成要素34及び/又は感覚刺激装置16に行わせるように構成される。調節構成要素38は、被験者12に提供される感覚刺激の現在のパラメータ(例えば、現在の持続時間及び/又はベースライン持続時間)、睡眠段階構成要素32によって決定された情報、タイミング構成要素33によって決定された情報、慣れ構成要素36によって決定された情報、及び/又は他の情報に基づいて調節を行うように構成される。例えば、調節構成要素38は、前に提供された刺激が被験者12のSWAを増加させたかどうか、及び/又は刺激に対する慣れが慣れ構成要素36によって検出されたかどうかに基づいて、提供される感覚刺激のパラメータ(例えば、持続時間)が第2のパラメータ(例えば、より長い又はより短い持続時間)に調節されるようにし得る。

【0031】

10

[38] 幾つかの実施形態では、調節構成要素38は、調節が、調節アルゴリズムに基づく調節を含むように構成される。調節アルゴリズムは、製造時に決定され得、ユーザインターフェース24を介して入力及び/又は選択された情報に基づいて決定され得、及び/又は他の情報に基づいて決定され得る。アルゴリズム入力は、睡眠段階構成要素32によって決定された情報、タイミング構成要素33によって決定された情報、慣れ構成要素36によって決定された情報、及び/又は他の情報を含み得る。幾つかの実施形態では、調節アルゴリズムは、事前に予め決定された持続時間のセットの中から刺激(又は刺激シーケンス)の持続時間をランダムに選択する。調節アルゴリズムは、慣れが検出されたときに、知覚される刺激ラウドネスとトーン持続時間との関係を活用して、トーン持続時間を増加し得る。

【0032】

20

[39] 幾つかの実施形態では、慣れ構成要素36及び/又は調節構成要素38は、慣れ及び/又は有効性判断を繰り返し、徐波睡眠の個別時間周期中にパラメータを1回又は複数回にわたり調節するように構成され、それにより、感覚刺激のパラメータは、徐波睡眠の個別時間周期中に繰り返し調節される。慣れ構成要素36及び/又は調節構成要素38は、個別時間周期の満了まで慣れ及び/又は有効性の判断を繰り返し、感覚刺激のパラメータを1回又は複数回にわたり調節するように構成される。例えば、慣れ構成要素36は、徐波睡眠の第1の個別時間周期中に、第2のパラメータで提供される感覚刺激の第2の慣れ及び/又は有効性を決定し得、調節要素38は、感覚刺激装置16に、提供される感覚刺激のパラメータを感覚刺激の第3のパラメータに調節させることがある。

30

【0033】

[40] 幾つかの実施形態では、調節構成要素38は、感覚刺激装置16に、被験者12が覚醒されるまで及び/又は慣れが低減されて有効性が回復されるまで、徐波睡眠の所与の時間周期中にパラメータを1回又は複数回にわたり調節させるように構成される。幾つかの実施形態では、感覚刺激のパラメータの最大長さは、覚醒時の被験者12によって検出される最短の刺激(例えば、110ms持続する聴覚トーン)に基づいて調節構成要素38によって決定され得る。幾つかの実施形態では、最大パラメータは、ユーザインターフェース24が最大パラメータに関係する情報の入力及び/又は選択を受信することに応答して、調節構成要素38によって取得され得る。幾つかの実施形態では、調節構成要素38は、被験者12の現在の睡眠セッション及び/又は被験者12の前の睡眠セッションに基づいて最大パラメータを決定するように構成される。

40

【0034】

[41] 幾つかの実施形態では、調節構成要素38は、睡眠段階構成要素32によって決定された覚醒レベルが徐波睡眠の所与の周期中に覚醒レベル閾値を超えることに応答して、徐波睡眠の所与の周期中に被験者12に感覚刺激を提供するのを感覚刺激装置16に止めさせるように構成される。幾つかの実施形態では、調節構成要素38は、感覚刺激装置16に、被験者の覚醒レベルが覚醒レベル閾値を超えることに応答して、被験者12に提供される感覚刺激の強度を低下させるように構成される。

【0035】

[42] 幾つかの実施形態では、調節構成要素38は、調節が感覚刺激の1つ又は複数の

50

パラメータ（例えば、持続時間）をランダムに変えること（例えば、被験者 12 に提供される連続的な個々のトーンの長さをランダムに変えること）を含むように構成され得る。幾つかの実施形態では、感覚刺激のパラメータ（例えば、持続時間）のランダムな調節は、被験者 12 に関する覚醒レベル閾値の上昇を引き起こし得る。例えば、現在の睡眠セッション前の試験中に被験者 12 の聴覚刺激に関して決定された覚醒レベル閾値は、例えば 200 ms の持続時間有する音に応答して被験者 12 が睡眠から目覚めることを示し得る。感覚刺激のランダムな調節は、例えば、現在の睡眠セッション中に、190 ms の第 2 のより低い持続時間で被験者 12 が睡眠から目覚めるようにし得る。

【0036】

[43] 図 3 A は、被験者 12（図 1）の慣れ 306 を示すグラフ 300 を示す。グラフ 300 は、時間 304 に対して徐波活動（SWA）302 をプロットする。図 3 A は、感覚刺激の斬新性によって慣れ 306 が対処されたときに実現され得る SWA の向上 308 を示す。上述したように、持続時間、強度、周波数、及びタイミングを含む刺激の 1 つ又は複数のパラメータを調節することにより、及び／又は刺激に斬新性を導入する他の方法により感覚刺激に斬新性が導入され得る。幾つかの実施形態では、（例えば、負に進むゼロ交差を検出することによって）時間 304 に対する SWA 302 の曲線の傾きが負になるとき、（例えば、図 1 に示される慣れ構成要素 36 によって）慣れが検出され得る。

【0037】

[44] 図 3 B は、感覚刺激のブロック 332、334、336 内の及び／又はブロック 332、334、336 による感覚刺激の個々のパラメータ（例えば、トーン持続時間）を変化させることによる慣れの低減を示す（図 1 に示される制御構成要素 34 及び／又はシステム 10 の他の構成要素が感覚刺激装置 16 を制御して、各ブロックで感覚刺激を提供し得る）。個々の刺激 330 はそれぞれ、（例えば、制御構成要素 34 及び／又は調節構成要素 36 によって）個々に調節された、斬新性を導入するパラメータを有し得、及び／又は刺激はブロック毎に調節され得る（例えば、ブロック 332 での刺激は第 1 の持続時間有し、ブロック 334 での刺激は第 2 の持続時間有し、ブロック 336 での刺激は第 3 の持続時間有する）。刺激のブロック化は、個々の刺激に関する持続時間及び／又はタイミング等の感覚刺激のパラメータをブロック毎に調節することにより、及び／又は他の態様で斬新性の導入を可能にする。

【0038】

[45] 図 4 は、徐波活動 410 に対する感覚刺激 406（例えば、聴覚トーン）の効果を EEG データ 402（例えば、0.5 ~ 4 Hz 帯域での EEG パワー）と共に示す。被験者 12（図 1 参照）のプロット 400 は、時間 404 に対して EEG 周波数 402 を示す。EEG 信号 408 が徐波睡眠を示すとき、1 つ又は複数の個々の感覚刺激 406 が被験者 12 に提供される。図 4 に示される例では、感覚刺激 406 は、10 秒間印加される。プロット 400 で見られるように、最初の幾つかの感覚刺激 406（例えば、最初の 5 つの感覚刺激）後の徐波活動 410 は、最後の幾つかの感覚刺激 406 後の徐波活動 410 に比べて大きい応答を有する。最後の幾つかの感覚刺激 406 に対する徐波活動 410 の応答の低下は、感覚刺激 406 に対する被験者 12 の慣れを示す。

【0039】

[46] 図 5 は、トーン持続時間 504 に対する（例えば、図 4 に示される感覚刺激 406 と同一又は同様の）聴覚トーンの知覚される相対ラウドネス 502 を示す。プロット 500 は、持続時間 504 に関して対数スケールを有し、持続時間 506 に対する小さい変化が、知覚される聴覚信号 508 の相対ラウドネス 502 に大きい影響を及ぼし得ることを示している（これは、短いトーンについて特に当てはまる。実際、L を知覚されたラウドネスとし、D を持続時間とした場合、 $L / (10g(D)) = \text{定数}$ となり、従って L は D / D に比例する）。人間の感覚系は、200 ミリ秒以上のトーンに比べて、長さ 50 ミリ秒のトーンにあまり敏感ではないため、持続時間は、聴覚信号のトーン、ピッチ、音量、周波数、及び／又は他のパラメータを変えることなく、聴覚刺激の変更を可能にし得る。これは、被験者 12 を不要な機械的負荷及び／又は音量に曝すことなく、感覚

10

20

30

40

50

刺激の斬新性を向上させることを可能にし得る。プロット 500 は、人間の耳の感度（例えば、約 200 ms）を示し、ここで、聴覚信号の持続時間は、被験者 12 が経験する知覚音量での相対ラウドネスの等感度領域 510 を生成する。この感度の考察から、持続時間 504 は、被験者 12 に斬新性を導入して、慣れを低減するためにより有用なパラメータであり得る。例えば、音圧レベル（例えば、音量）を変えることなく、トーン持続時間が 50 ミリ秒から約 200 ミリ秒に増加する場合、約 6 dB の知覚的な増加が得られる。プロット 500 は、聴覚信号持続時間 506 が約 200 ミリ秒よりも長く続くと、知覚される聴覚信号音量レベル（例えば、相対ラウドネス 502）が変化しないため、知覚される信号が等感度である 510 ことを示す。聴覚信号持続時間 506 は、連続するトーン間で持続時間 504 が変化するときに斬新性を導入することができる。

10

【0040】

[47] 図 6 は、被験者 12 の覚醒と慣れとの両方を検出し、EEG 信号 602 に基づいて（例えば、図 1 に示される調節構成要素 38 と同一又は同様の調節構成要素によって）聴覚刺激 612 のパラメータを調節するシステム 10 の一実施形態を示す。図 6 に示される実施形態では、（例えば、図 2 に示される装着具 200 と同一又は同様の）装着具 600 が被験者 12 によって装着されている。覚醒 604 は、（比較的高い周波数成分により）EEG 信号 602 において観察可能な事象であり、被験者 12 が目覚めている可能性が高いことを示す。システム 10 を使用している間に、（例えば、図 4 での感覚刺激 406 と同一又は同様の）感覚刺激 606 を提供しながら覚醒 604 が検出された場合、感覚刺激は直ちに停止する。覚醒 604 が感覚刺激持続時間外に検出された場合 608、直近の感覚刺激の開始が遅延される。覚醒 604 が検出されない場合、システムは、徐波睡眠の発生を検出し、感覚刺激を監視する。徐波睡眠 610 が検出された場合、システム 10 は感覚刺激を提供する。幾つかの実施形態では、感覚刺激は、例えば、長さ 1 秒の一定のインターバルで互いに離隔された長さ 50 ミリ秒のトーンのシーケンスからなることがある。聴覚刺激の感覚刺激の 1 つ又は複数のパラメータ（例えば、音量、周波数、及び / 又は持続時間）は、徐波向上効果を最適化するように徐々に調節され得る。システム 10 は、徐波睡眠 610 の向上効果をリアルタイムで推定することができ、感覚信号 612 を調節して慣れを低減することができる。上述したように、慣れを低減するために、感覚刺激の持続時間が使用され得る。幾つかの実施形態では、1 つ又は複数のパラメータは、慣れを低減するために組み合わせて使用され得る（例えば、音量を上げ、持続時間を調節する）。

20

【0041】

[48] 図 1 に戻ると、電子記憶装置 22 は、情報を電子的に記憶する電子記憶媒体を備える。電子記憶装置 22 の電子記憶媒体は、システム 10 と一体に（即ち実質的に着脱不能に）提供されるシステム記憶装置、及び / 又はポート（例えば、USB ポート、ファイアワイヤポート等）若しくはドライブ（例えば、ディスクドライブ等）を介してシステム 10 に着脱可能に接続可能なリムーバブル記憶装置の一方又は両方を備え得る。電子記憶装置 22 は、光学的に読み取可能な記憶媒体（例えば、光ディスク等）、磁気的に読み取可能な記憶媒体（例えば、磁気テープ、磁気ハードドライブ、フロッピードライブ等）、電荷ベースの記憶媒体（例えば、EPROM、RAM 等）、ソリッドステート記憶媒体（例えば、フラッシュドライブ等）、及び / 又は他の電子的に読み取可能な記憶媒体のうちの 1 つ又は複数を備え得る。電子記憶装置 22 は、ソフトウェアアルゴリズム、プロセッサ 20 によって決定された情報、被験者 12 から受信された情報、及び / 又はシステム 10 が適切に機能することを可能にする他の情報を記憶し得る。電子記憶装置 22 は、システム 10 内の（完全に若しくは一部）独立した構成要素であり得、又は電子記憶装置 22 は、システム 10 の 1 つ若しくは複数の他の構成要素（例えば、プロセッサ 20）と（完全に若しくは一部）一体に提供され得る。

40

【0042】

[49] ユーザインターフェース 24 は、システム 10 と被験者 12 及び / 又は他のユーザとの間のインターフェースを提供するように構成され、このインターフェースを介して

50

、被験者 12 及び / 又は他のユーザは、システム 10 に情報を提供し、システム 10 から情報を受信し得る。これは、ユーザ（例えば、被験者 12）と、感覚刺激装置 16、センサ 18、プロセッサ 20、及び / 又はシステム 10 の他の構成要素のうちの 1 つ又は複数との間でデータ、合図、結果、及び / 又は命令、並びに他の任意の通信可能なもの（集合的に「情報」と呼ばれる）が通信されることを可能にする。例えば、EEG がユーザインターフェース 24 を介して介護者に表示され得る。

【0043】

[50] ユーザインターフェース 24 に含めるのに適したインターフェースデバイスの例は、キーパッド、ボタン、スイッチ、キーボード、ノブ、レバー、ディスプレイ画面、タッチスクリーン、スピーカ、マイクロフォン、インジケータライト、可聴アラーム、プリンタ、触覚フィードバックデバイス、及び / 又は他のインターフェースデバイスを含む。幾つかの実施形態では、ユーザインターフェース 24 は、複数の個別のインターフェースを備える。幾つかの実施形態では、ユーザインターフェース 24 は、感覚刺激装置 16 及び / 又はシステム 10 の他の構成要素と一緒に提供される少なくとも 1 つのインターフェースを備える。

【0044】

[51] 有線又は無線の他の通信技術も本開示によってユーザインターフェース 24 として企図されることを理解すべきである。例えば、本開示は、ユーザインターフェース 24 が、電子記憶装置 22 によって提供される着脱可能な記憶インターフェースと統合され得ることを企図する。この例では、リムーバブル記憶装置（例えば、スマートカード、フラッシュドライブ、リムーバブルディスク等）からシステム 10 に情報がロードされ得、これは、ユーザがシステム 10 の実装をカスタマイズすることを可能にする。ユーザインターフェース 24 としてシステム 10 と共に使用するのに適合された他の例示的な入力デバイス及び技法は、限定するものではないが、RS-232 ポート、RF リンク、IR リンク、モデム（電話、ケーブル、又はその他）を含む。簡潔に言うと、システム 10 により情報を通信するための任意の技法が、本開示によってユーザインターフェース 24 として企図される。

【0045】

[52] 図 7 は、提供される感覚刺激に対する被験者の慣れを低減及び / 又は軽減するために、パラメータ決定システムを用いて、被験者に提供される個々の感覚刺激のパラメータを調節するための方法 700 を示す。システムは、1 つ又は複数の感覚刺激装置、1 つ又は複数のセンサ、1 つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサ、及び / 又は他の構成要素を備える。1 つ又は複数の物理的なコンピュータプロセッサは、コンピュータプログラム構成要素を実行するように構成される。コンピュータプログラム構成要素は、徐波睡眠検出構成要素、プロービング刺激構成要素、識別構成要素、組合せ構成要素、刺激タイミング構成要素、及び / 又は他の構成要素を備える。以下に提示する方法 700 の操作は、例示として意図されている。幾つかの実施形態では、方法 700 は、述べられていない 1 つ又は複数の追加の操作を用いて、及び / 又は論じられる操作の 1 つ又は複数を用いずに達成され得る。更に、方法 700 の操作が図 7 に図示されて以下で述べられる順序は限定を意図されていない。

【0046】

[53] 幾つかの実施形態では、方法 700 は、1 つ又は複数の処理デバイス（例えば、デジタルプロセッサ、アナログプロセッサ、情報を処理するように設計されたデジタル回路、情報を処理するように設計されたアナログ回路、状態機械、及び / 又は情報を電子的に処理するための他のメカニズム）で実施され得る。1 つ又は複数の処理デバイスは、電子記憶媒体に電子的に記憶されている命令に応答して方法 700 の操作の一部又は全てを実行する 1 つ又は複数のデバイスを含み得る。1 つ又は複数の処理デバイスは、方法 700 の操作の 1 つ又は複数を実行するように特に設計されるようにハードウェア、ファームウェア、及び / 又はソフトウェアによって構成された 1 つ又は複数のデバイスを含み得る。

10

20

30

40

50

【0047】

[54] 操作702では、被験者の現在の睡眠セッション中の被験者の脳波活動に関する情報を搬送する出力信号が発生される。幾つかの実施形態では、操作702は、(図1に示され、本明細書で述べられる)センサ18と同一又は同様の1つ又は複数のセンサによって実施される。

【0048】

[55] 操作704では、出力信号に基づいて被験者が現在徐波睡眠中であるかどうかが判断される。幾つかの実施形態では、操作704は、(図1に示され、本明細書で述べられる)睡眠段階構成要素32と同一又は同様のコンピュータプログラム構成要素によって実施される。

10

【0049】

[56] 操作706では、被験者が現在徐波睡眠中であることに応答して、感覚刺激装置が制御されて、個々の感覚刺激を被験者に提供する。個々の感覚刺激は、第1のパラメータを有する。制御は、1つ又は複数の感覚刺激装置を制御して、感覚刺激の第1のパラメータを提供することを含む。幾つかの実施形態では、感覚刺激の第1のパラメータは、個々の感覚刺激の強度レベル、タイミングパラメータ、持続時間、周波数、及び/又は他のパラメータである。幾つかの実施形態では、第1のパラメータは、被験者の前の睡眠セッションに基づいて決定され得る。幾つかの実施形態では、操作706は、(図1に示され、本明細書で述べられる)制御構成要素34と同一又は同様のコンピュータプログラム構成要素によって実施される。

20

【0050】

[57] 操作708では、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れが検出される。慣れは、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激の提供後のある期間にわたる出力信号に基づいて検出される。慣れは、感覚刺激の第1のパラメータに起因する徐波活動の減少に関係する。慣れは、出力信号に基づいて決定される。幾つかの実施形態では、操作708は、(図1に示され、本明細書で述べられる)慣れ構成要素36と同一又は同様のコンピュータプログラム構成要素によって実施される。

【0051】

[58] 操作710では、第1のパラメータを有する個々の感覚刺激に対する被験者の慣れの検出に応答して、第1のパラメータが調節される。幾つかの実施形態では、第1のパラメータは、ランダムに調節され、及び/又は慣れの低減の予測を含み、この予測は、睡眠徐波に曲線を当て嵌め、刺激が送達される時点に結果を外挿することによって取得され得る。幾つかの実施形態では、操作710は、(図1に示され、本明細書で述べられる)調節構成要素38と同一又は同様のコンピュータプログラム構成要素によって実施される。

30

【0052】

[59] 特許請求の範囲において、括弧内の任意の参照符号は、特許請求の範囲を限定するものとは解釈されないものとする。語「備える」又は「含む」は、特許請求の範囲で列挙されるもの以外の要素又はステップの存在を除外しない。幾つかの手段を列挙する装置クレームでは、これらの手段の幾つかは、同一のハードウェア要素によって具現化され得る。ある要素に先立つ語「1つの(a)」又は「1つの(an)」は、複数のそのような要素の存在を除外しない。幾つかの手段を列挙する任意の装置クレームにおいて、これらの手段の幾つかは、同一のハードウェア要素によって具現化され得る。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されていることのみでは、これらの手段の組合せが有利に使用され得ないことを示さない。

40

【0053】

[60] 上で提供した説明は、最も実用的であり好ましい実施形態であると現在考えられているものに基づいて例示の目的で詳細を提供するが、そのような詳細は、例示に過ぎず、本開示は、明示的に開示された実施形態に限定されず、逆に、添付の特許請求の範囲の趣旨及び範囲に含まれる修正形態及び均等構成を網羅することを意図されていることを理

50

解されたい。例えば、本開示は、可能な限り、任意の実施形態の1つ又は複数の特徴が任意の他の実施形態の1つ又は複数の特徴と組み合わされ得ることを企図していることを理解されたい。

【図1】

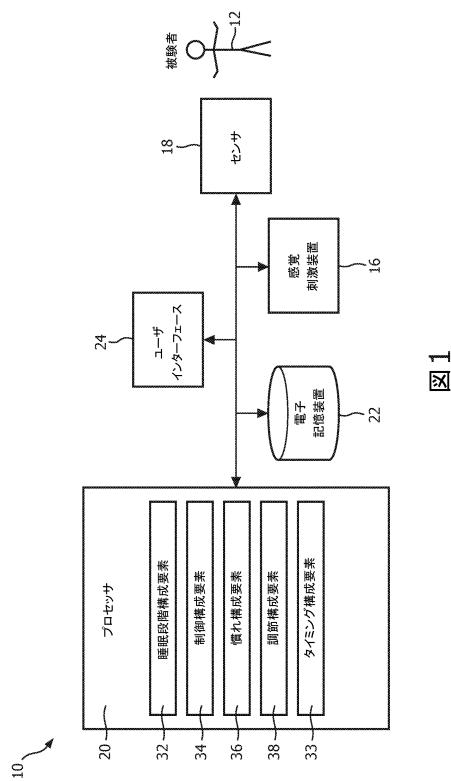


図1

【図2】

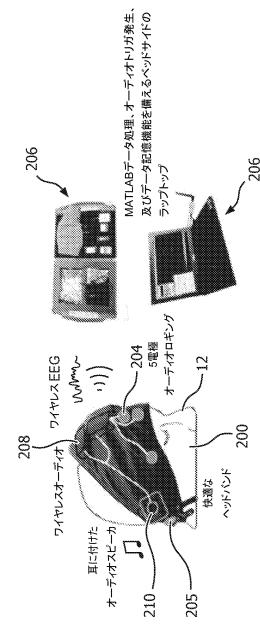


図2

【図3A】

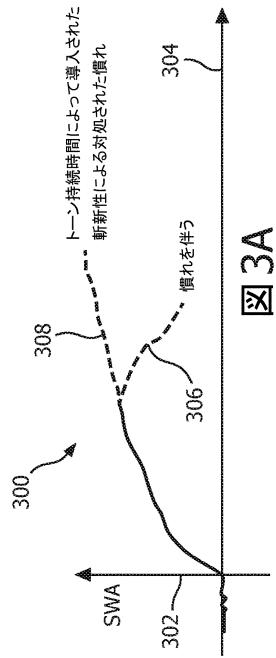


図3A

【図3B】

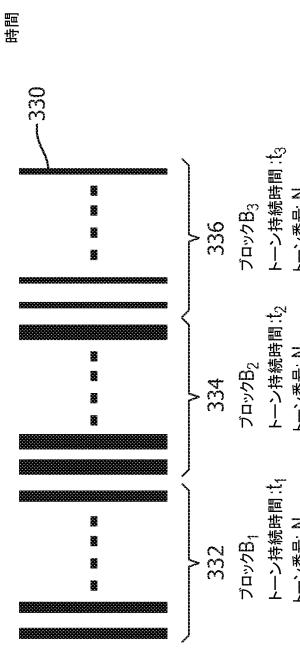


図3B

【図4】

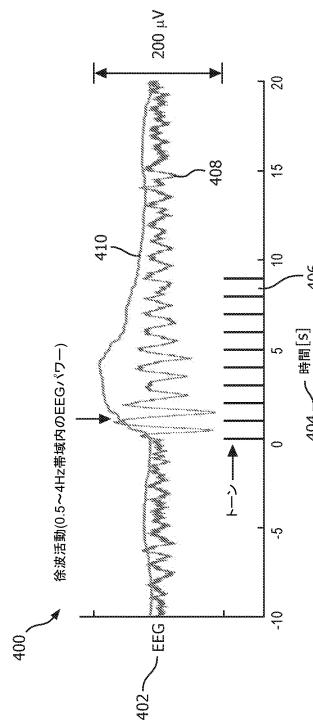


図4

【図5】

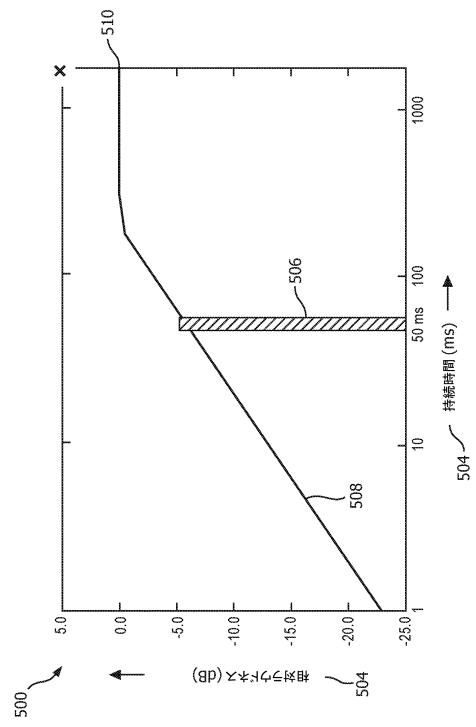
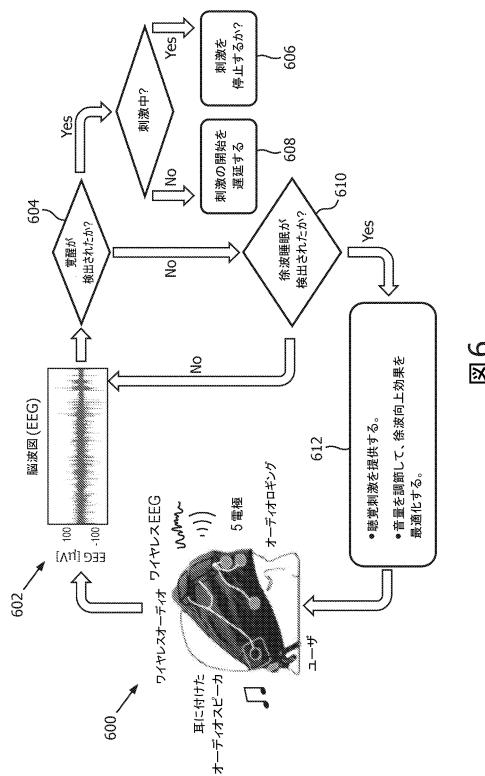
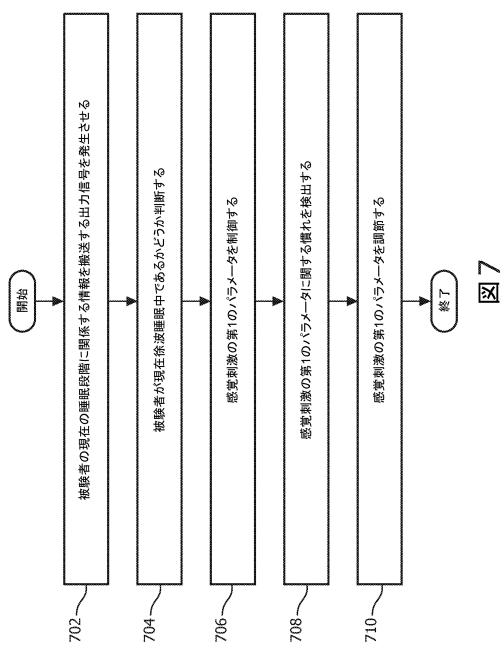


図5

【図6】



【 四 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 ガルシア モリナ ゲイリー ネルソン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 プファンドナー ステファン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

審査官 菊地 牧子

(56)参考文献 国際公開第2014/170781 (WO, A1)
特開2004-089572 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0063350 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 M 21/02
A 61 B 5/377