

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6435128号
(P6435128)

(45) 発行日 平成30年12月5日(2018.12.5)

(24) 登録日 平成30年11月16日(2018.11.16)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/00 (2006.01)
 A 6 1 B 10/00 (2006.01)
 A 6 1 B 5/1455 (2006.01)
 A 6 1 B 5/02 (2006.01)

A 6 1 B 5/00 L
 A 6 1 B 5/00 Z DM
 A 6 1 B 10/00 E
 A 6 1 B 5/00 1 O 2 C
 A 6 1 B 5/1455

請求項の数 47 外国語出願 (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-153319 (P2014-153319)
 (22) 出願日 平成26年7月28日(2014.7.28)
 (65) 公開番号 特開2015-27459 (P2015-27459A)
 (43) 公開日 平成27年2月12日(2015.2.12)
 審査請求日 平成29年5月10日(2017.5.10)
 (31) 優先権主張番号 2489/MUM/2013
 (32) 優先日 平成25年7月26日(2013.7.26)
 (33) 優先権主張国 インド(IN)
 (31) 優先権主張番号 3152/MUM/2013
 (32) 優先日 平成25年10月3日(2013.10.3)
 (33) 優先権主張国 インド(IN)
 (31) 優先権主張番号 1540/MUM/2014
 (32) 優先日 平成26年5月2日(2014.5.2)
 (33) 優先権主張国 インド(IN)

(73) 特許権者 512070816
 タタ・コンサルタンシー・サーヴィシズ・
 リミテッド
 インド・マハーラーシュトラ・40002
 1・ムンバイ・ナリマン・ポイント・(番
 地なし)・ナイマル・ビルディング・ナイ
 ンス・フロア
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 生理学的パラメータの監視

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハンドヘルドデバイス(134)を使用して被験者に関連する生理学的パラメータを監視するための方法であって、

プロセッサ(102)によって、サンプルの被験者の体の一部(136)の映像から前記サンプルの被験者に関連する複数のサンプルのフォトプレチスモグラフィ(PPG)の特徴を取得するステップと、

前記プロセッサ(102)によって、前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から、前記サンプルの被験者に関する前記生理学的パラメータのグランドトゥールース値に基づいて、前記生理学的パラメータに関連する少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を選択するステップと、

前記プロセッサ(102)によって、前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータの前記グランドトゥールース値とに基づいて、前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータとの間の相関を示す数学的モデルを決定するステップであって、前記数学的モデルが、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するために展開される、ステップとを含み、

取得する前記ステップが、

前記映像から複数の窓を取得するステップであって、前記窓の各々が所定の数のフレームを含むステップと、

前記複数の窓内の各フレームに関して1つまたは複数の色モデルに関する少なくとも1つ

10

20

の量子化された色値を決定するステップと、

各フレームの前記少なくとも1つの量子化された色値に基づいて前記複数の窓からの所定の数の決定窓に関して一貫性分析を実行することによって前記映像の一貫性を判定するステップであって、前記一貫性分析が、前記所定の数の前記決定窓を取得することに応答して実行される、ステップとを含む、方法。

【請求項2】

前記複数のサンプルのPPGの特徴を取得する前記ステップが、時間領域および周波数領域のうちの1つで前記映像から前記複数のサンプルのPPGの特徴を抽出するステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記生理学的パラメータが、血圧、心臓の状態を示す心電図(ECG)、血中酸素濃度、および呼吸数のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記複数のサンプルのPPGの特徴が、時間領域の特徴および周波数領域の特徴のうちの少なくとも1つの組を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記複数のサンプルのPPGの特徴が、前記サンプルの被験者に関連する身体的特徴を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記身体的特徴が、前記サンプルの被験者の身長、前記サンプルの被験者の体重、および前記サンプルの被験者の年齢を含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記数学的モデルを決定する前記ステップが、教師あり学習技術に基づく、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

試験対象者の体の一部(140)の映像から前記試験対象者に関連するテストのPPGの特徴を取得するステップと、

前記テストのPPGの特徴および前記数学的モデルに基づいて前記試験対象者に関する前記生理学的パラメータを監視するステップとをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

選択する前記ステップが、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関して関連性のランクを決定するステップであって、前記関連性のランクが、前記生理学的パラメータとの前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々の関係を示す、ステップと、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々の前記関連性のランクおよび閾値の関連性のランクに基づいて、前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を突き止めるステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

判定する前記ステップが、前記少なくとも1つの量子化された色値が量子化された色値の所定の範囲内にあるかどうかを評価するステップであって、前記一貫性分析が、評価する前記ステップに基づいて実現される、ステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項11】

前記プロセッサ(102)によって、前記決定窓の中から、前記実現することに応答して、所定の数のフレームを包含する複数の選択された決定窓を取得するステップと、

前記プロセッサ(102)によって、前記複数の選択された決定窓の各々に関してピーク周波数の検出の検査を実行するステップであって、少なくとも1つの生理学的パラメータが、実行する前記ステップに基づいて突き止められる、ステップとをさらに含む、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

実行する前記ステップが、前記複数の選択された決定窓によって包含されるすべてのフ

10

20

30

40

50

レームの少なくとも1つの量子化された色値に高速フーリエ変換(FFT)を適用することによって、前記複数の選択された決定窓の各々の前記少なくとも1つの量子化された色値のピーク周波数を決定するステップを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記プロセッサ(102)によって、前記複数の選択された決定窓のうちの少なくとも1つが前記ピーク周波数の検出の検査を通らないときに、新しい映像を撮影するために前記サンプルの被験者にフィードバックを提供するステップをさらに含む、請求項11に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記一貫性を判定する前記ステップが、
前記決定窓の各々に関して前記少なくとも1つの量子化された色値のピーク周波数の位置を決定するステップと、
前記決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフトを評価するステップであって、前記周波数ドリフトが、前記決定窓にわたるピーク周波数の位置の変化を示す、ステップと、
前記周波数ドリフトと閾値の周波数ドリフトとを比較するステップであって、前記少なくとも1つの生理学的パラメータが、比較する前記ステップに応答して突き止められる、ステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記一貫性を判定する前記ステップが、
前記決定窓内の各フレームの前記少なくとも1つの量子化された色値に関する信号振幅を決定するステップと、
前記信号振幅を閾値の信号振幅と比較するステップであって、前記少なくとも1つの生理学的パラメータが、比較する前記ステップに応答して突き止められる、ステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記プロセッサ(102)によって、撮影された映像に一貫性がないときに、新しい映像を撮影するために前記サンプルの被験者にフィードバックを提供するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記体の一部(136)が、前記サンプルの被験者の手の指先である、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 8】

選択する前記ステップが、
前記プロセッサ(102)によって、サンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータのグラントゥールス値との間の関係を示す、前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する相関係数を決定するステップと、
前記プロセッサ(102)によって、前記相関係数に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する利得因子を突き止めるステップと、
前記プロセッサ(102)によって、前記利得因子に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から関連するサンプルのPPGの特徴を選択するステップであって、前記関連するサンプルのPPGの特徴が、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するために展開される、ステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記相関係数が、最大情報係数(MIC)である、請求項18に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記利得因子を突き止める前記ステップが、シグモイド利得関数に基づく、請求項18に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記利得因子を突き止める前記ステップが、k分割検証技術の精度に基づいて前記利得

10

20

30

40

50

因子に関連する傾斜定数(m)を調整するステップであって、回帰モデルおよび分類器モデルのうちの1つを使用して実行されるステップを含む、請求項18に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記回帰モデルが、線形回帰モデル、非線形回帰モデル、および多項式回帰モデルのうちの1つである、請求項21に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記分類器モデルが、サポートベクターマシン(SVM)に基づくモデルおよび適応ニューラルネットワーク(ANN)に基づくモデルのうちの1つである、請求項21に記載の方法。

【請求項 2 4】

選択する前記ステップが、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々にそれぞれの利得係数を乗算するステップと、各乗算されるサンプルのPPGの特徴の閾値に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から前記関連するサンプルのPPGの特徴を選択するステップとを含む、請求項18に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記プロセッサ(102)によって、それぞれの利得因子に基づいて前記関連するサンプルのPPGの特徴の各々の実際の関連性を突き止めるステップをさらに含む、請求項18に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記プロセッサ(102)によって、試験対象者の体の一部(140)の映像から前記試験対象者に関連するテストのPPGの特徴を取得するステップと、

前記プロセッサ(102)によって、前記テストのPPGの特徴および前記関連するサンプルのPPGの特徴に基づいて前記試験対象者に関する前記生理学的パラメータを監視するステップとをさらに含む、請求項18に記載の方法。

【請求項 2 7】

ハンドヘルドデバイス(134)を使用して被験者に関連する生理学的パラメータを監視するための方法であって、

サンプルの被験者の体の一部(136)の映像から前記サンプルの被験者に関連する複数のサンプルのフォトプレチスモグラフィ(PPG)の特徴を取得するステップと、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から、前記被験者に関する前記生理学的パラメータのグラントゥールス値に基づいて、前記生理学的パラメータに関連する少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を選択するステップと、

前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータの前記グラントゥールス値とにのみ基づいて、前記関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータとの間の相関を示す数学的モデルを決定するステップであって、前記数学的モデルが、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するために展開され、前記生理学的パラメータが、血圧(BP)の特徴および心電図(ECG)の特徴のうちの少なくとも1つである、ステップとを含み、

選択する前記ステップが、

サンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータのグラントゥールス値との間の関係を示す、前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する相関係数を決定するステップと、

前記相関係数に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する利得因子を突き止めるステップと、

前記利得因子に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から関連するサンプルのPPGの特徴を選択するステップであって、前記関連するサンプルのPPGの特徴が、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するために展開される、ステップとを含む、方法。

【請求項 2 8】

被験者に関連する生理学的パラメータを監視するためのモデリングシステム(100)であって、

10

20

30

40

50

プロセッサ(102)と、

サンプルの被験者に関連する複数のサンプルのフォトプレチスモグラフィ(PPG)の特徴を取得するための、前記プロセッサ(102)に結合された処理モジュール(110)であって、前記サンプルのPPGの特徴が、前記サンプルの被験者の体の一部(136)の映像から抽出される、処理モジュール(110)と、

前記生理学的パラメータのグランドトゥールース値に基づいて、前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から、前記生理学的パラメータに関連する少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を選択するための、前記プロセッサ(102)に結合された特徴選択モジュール(114)と、

前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータの前記グランドトゥールース値とに基づいて、前記関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータとの間の相関を示す数学的モデルを決定するための、前記プロセッサ(102)に結合されたモデリングモジュール(118)であって、前記数学的モデルが、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するように適合される、モデリングモジュール(118)とを含み、

前記処理モジュール(110)が前記映像から複数の窓を取得し、前記窓の各々が所定の数のフレームを含み、前記モデリングシステム(100)が、

前記複数の窓内の各フレームに関して、1つまたは複数の色モデルに関する少なくとも1つの量子化された色値を決定することと、

各フレームの前記少なくとも1つの量子化された色値に基づいて前記複数の窓からの所定の数の決定窓に関して一貫性分析を実行することによって前記映像の一貫性を判定することであって、前記一貫性分析が、前記所定の数の前記決定窓を取得することに応答して実行される、判定することとを行うための、

前記プロセッサ(102)に結合された一貫性分析モジュール(112)をさらに含む、モデリングシステム(100)。

【請求項 29】

前記処理モジュール(110)が、

サンプリングデバイス(132)から前記被験者の前記体の一部(136)の前記映像を取得し、前記映像を処理してサンプルのPPG波形を決定する、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 30】

前記処理モジュール(110)が、時間領域および周波数領域のうちの少なくとも1つで前記映像から前記複数のサンプルのPPGの特徴を取得する、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 31】

前記モデリングモジュール(118)が、教師あり学習技術に基づいて前記数学的モデルを決定する、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 32】

前記特徴選択モジュール(114)が、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関して関連性のランクを決定することであって、前記関連性のランクが、前記生理学的パラメータとの各サンプルのPPGの特徴の関係を示す、決定することと、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々の前記関連性のランクを閾値の関連性のランクと比較して前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を選択することとを行う、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 33】

前記処理モジュール(110)が、前記少なくとも1つの量子化された色値が量子化された色値の所定の範囲内にあるかどうかを評価する、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 34】

前記一貫性分析モジュール(112)が、前記処理モジュール(110)による評価に応答して新しい映像を撮影するために前記被験者にフィードバックを提供する、請求項33に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 3 5】

前記一貫性分析モジュール(112)が、前記処理モジュール(110)による評価に応答して前記一貫性分析を実現する、請求項33に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 3 6】

前記一貫性分析モジュール(112)が、

前記決定窓の各々に関して前記少なくとも1つの量子化された色値のピーク周波数の位置を決定することと、

10

前記決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフトを評価することであって、前記周波数ドリフトが、前記決定窓にわたるピーク周波数の位置の変化を示す、評価することと、

前記周波数ドリフトと閾値の周波数ドリフトとを比較して、前記少なくとも1つの生理学的パラメータを前記比較に応答して決定することを行う、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 3 7】

前記一貫性分析モジュール(112)が、

前記決定窓内の各フレームの前記少なくとも1つの量子化された色値に関する信号振幅を決定し、

20

前記信号振幅を閾値の信号振幅と比較して、前記生理学的パラメータを前記比較に応答して突き止める、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 3 8】

前記特徴選択モジュール(114)が、

サンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータのグランドトゥールズ値との間の関係を示す、前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する相関係数を決定することと、

前記相関係数に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する利得因子を突き止めることと、

前記利得因子に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から前記関連するサンプルのPPGの特徴を選択することであって、前記関連するサンプルのPPGの特徴が、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するために展開される、選択することを行う、請求項28に記載のモデリングシステム(100)。

30

【請求項 3 9】

それぞれの利得因子に基づいて前記関連するサンプルのPPGの特徴の各々の実際の関連性を突き止めるための、前記プロセッサ(102)に結合されたテストモジュール(116)をさらに含む、請求項38に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 4 0】

前記特徴選択モジュール(114)が、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々にそれぞれの利得係数を乗算し、

各乗算されるサンプルのPPGの特徴の閾値に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から前記関連するサンプルのPPGの特徴を選択する、請求項38に記載のモデリングシステム(100)。

40

【請求項 4 1】

前記相関係数が、最大情報係数(MIC)である、請求項38に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 4 2】

前記特徴選択モジュール(114)が、シグモイド利得関数に基づいて前記利得因子を突き止める、請求項38に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 4 3】

前記特徴選択モジュール(114)が、k分割検証技術の精度に基づいて前記利得因子に関連

50

する傾斜定数(m)を調整することであって、回帰モデルおよび分類器モデルのうちの1つを使用して実行される、調整することを行う、請求項38に記載のモデリングシステム(100)。

【請求項 4 4】

被験者に関連する生理学的パラメータを監視するための生理学的パラメータ監視デバイス(134)であって、

プロセッサと、

関連するサンプルのPPGの特徴と監視される前記生理学的パラメータとの間の相関を示す数学的モデルを取得することであって、前記関連するサンプルのPPGの特徴が、複数のサンプルのPPGの特徴に対する前記生理学的パラメータの影響に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から選択される、前記数学的モデルを取得すること、

10

試験対象者の体の一部(140)の映像から前記試験対象者に関連するテストのPPGの特徴を突き止めることであって、前記映像が、生理学的パラメータ監視デバイス(134)のカメラ(140)を使用して撮影される、前記テストのPPGの特徴を突き止めること、ならびに

前記テストのPPGの特徴および前記数学的モデルに基づいて前記試験対象者に関する前記生理学的パラメータを監視することを行うための、

前記プロセッサに結合された監視モジュール(146)とを含み、

前記監視モジュール(146)が、

監視されるべき前記生理学的パラメータのグランドトゥールース値と相関がある少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を取得することであって、前記関連するサンプルのPPGの特徴が、サンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータのグランドトゥールース値との間の相関と、前記相関に基づいて決定された利得因子とに基づいて複数のサンプルのPPGの特徴の中から選択される、前記サンプルのPPGの特徴を取得することと、

20

前記テストのPPGの特徴および前記関連するPPGの特徴に基づいて前記試験対象者に関する前記生理学的パラメータを監視することを行う、生理学的パラメータ監視デバイス(134)。

【請求項 4 5】

前記監視モジュール(146)が、映像のうちの少なくとも1つに一貫性がないときに、新しい映像を撮影するために前記被験者にフィードバックを提供する、請求項44に記載の生理学的パラメータ監視デバイス(134)。

30

【請求項 4 6】

サンプルの被験者の体の一部(136)の映像から前記サンプルの被験者に関連する複数のサンプルのフォトプレチスモグラフィ(PPG)の特徴を取得することと、

前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から、前記被験者に関する生理学的パラメータのグランドトゥールース値に基づいて、前記生理学的パラメータに関連する少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴を選択することと、

前記少なくとも1つの関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータの前記グランドトゥールース値とに基づいて、前記関連するサンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータとの間の相関を示す数学的モデルを決定することであって、前記数学的モデルが、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するように適合される、決定することとを行うための、処理リソースによって実行可能な命令を含み、

40

前記映像から複数の窓を取得することであって、前記窓の各々が所定の数のフレームを含む、前記複数の窓を取得することと、

前記複数の窓内の各フレームに関して、1つまたは複数の色モデルに関する少なくとも1つの量子化された色値を決定することと、

前記複数の窓からの所定の数の決定窓の各々に関して前記少なくとも1つの量子化された色値のピーク周波数の位置を決定することと、

前記決定窓にわたるピーク周波数の前記位置に基づいて前記決定窓に関する一貫性分析を実行することとを行うための、プロセッサによって実行可能な命令をさらに含む、非一時的コンピュータ可読媒体。

50

【請求項 47】

サンプルのPPGの特徴と前記生理学的パラメータのグランドトゥールズ値との間の関係を示す、前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する相関係数を決定することと、

前記相関係数およびシグモイド利得関数に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する利得因子を突き止めることと、

前記利得因子に基づいて前記複数のサンプルのPPGの特徴の中から関連するサンプルのPPGの特徴を選択することであって、前記関連するサンプルのPPGの特徴が、リアルタイムで前記生理学的パラメータを監視するために展開される、選択することを行うための、プロセッサによって実行可能な命令をさらに含む、請求項46に記載の非一時的コンピュータ可読媒体。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本主題は、一般に生理学的パラメータの測定に関し、これに限らないが、詳細にはハンドヘルドデバイスを使用して生理学的パラメータを監視することに関する。

【背景技術】**【0002】**

呼吸数、脈拍数、および血圧などの人の特定の生理学的パラメータおよびバイタルサインの監視は、臨床の現場で実現され得る。概して、人が自身の生理学的パラメータが測定されていることを認識している場合、そのことがその人を意識的にさせる可能性があることが観察されている。結果として、生理学的パラメータのうちの1つまたは複数が誤って報告される可能性がある。したがって、生理学的パラメータを監視するためのいくつかの非侵襲的技術が開発されてきた。

20

【0003】

1つのそのような非侵襲的技術は、フォトプレチスモグラフィ(PPG: photoplethysmography)である。PPGは、皮下の血管系内の血液量の変化の動態に基づいて機能する、場合によっては非影響的(unobtrusive)になり得る光学的方法をとる。従来、PPGは、たとえば、生理学的パラメータが測定される被験者の映像の非接触的な記録によって生理学的パラメータを測定し、監視するためにさまざまな方法で実施される。

【発明の概要】

30

【課題を解決するための手段】**【0004】**

詳細な説明が、添付の図を参照して示される。図において、参照番号の最も左の数は、参照番号が最初に現れる図を特定する。同様の特徴および構成要素を参照するために図面の全体を通じて同じ番号が使用される。

【図面の簡単な説明】**【0005】**

【図1】本主題の一実施形態による、被験者に関連する生理学的パラメータを監視するためのモデリングシステムに結合された生理学的パラメータ監視デバイスを示す図である。

【図2】本主題の一実施形態による、生理学的パラメータを監視するために撮影された映像の一貫性分析を実行するための方法200を示す図である。

40

【図3】本主題の一実施形態による、生理学的パラメータを決定するために、ハンドヘルドデバイスを使用した映像撮影の一貫性を分析するための方法300を示す図である。

【図4】本主題の一実施形態による、試験対象者に関連する生理学的パラメータを監視するための数学的モデルを決定するための方法400を示す図である。

【図5】本主題の一実施形態による、サンプルのPPGの特徴から関連するサンプルのPPGの特徴を選択するための方法500を示す図である。

【図6】本主題の一実施形態による、試験対象者に関連する生理学的パラメータを監視するための方法600を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0006】

本主題は、ハンドヘルドデバイスを使用して被験者に関連する生理学的パラメータを監視することに関する。

【0007】

従来、フォトプレチスモグラフィ (PPG) は、生理学的パラメータを測定し、監視するためにさまざまな方法で実施される。わずかな従来技術においては、生理学的パラメータが測定されるべき被験者の映像が、遠くから撮影され、次いで、映像が、生理学的パラメータを決定するために分析される。そのような技術においては、視野内のその他の物体および人によって、生理学的パラメータの測定を誤らせる可能性がある。したがって、特定のその他の従来技術は、被験者の体の一部をカメラと接触させて配置し、次いで、生理学的特性を測定するために映像の使用をとまなう可能性がある。生理学的パラメータを測定するために、従来技術は、普通、PPG波形を得るために映像を記録するための映像記録デバイスを含む。しかしながら、そのような技術は、被験者とカメラとの間の接触が手順の間中維持されるように実質的に動いてはならない被験者を含む。被験者が、たとえば、震えもしくは咳またはくしゃみのために、生理学的パラメータの測定中に望ましくない動きをする場合、測定された生理学的パラメータは、その後、誤りがある可能性がある。加えて、被験者は、映像の撮影の不良または生理学的パラメータの誤った測定について知らされず、誤った測定の結果によって、被験者は誤って診断される可能性がある。さらに、生理学的パラメータを測定するためにこれまで使用されていた機器はかさばる為、生理学的パラメータを測定する際にユーザに不便をかける可能性がある。

【0008】

生理学的パラメータの測定の精度を高めるために、これまでは、たとえば、心拍数を測定するためのパルスオキシメータまたは音に基づくセンサーなどの感知デバイスが、通常、生理学的パラメータを監視するための映像記録デバイスと併せて使用され、感知デバイスによって測定された特徴が、PPG波形と組み合わせて使用される。しかしながら、生理学的パラメータの測定はPPG波形に加えて感知デバイスを使用することによりかなり正確になるが、そのようにして生理学的パラメータを測定するための装置に関連するコストは高くなる。さらに、装置は持ち運びできず、移動可能な実装に使用できない可能性がある。加えて、PPG波形の処理および分析には大量の計算リソースおよび時間を使用するため、この技術を扱いにくく時間のかかるものにする。したがって、生理学的パラメータを測定するための従来技術は精度を欠いており、計算リソースを大量に消費する。

【0009】

本主題は、ハンドヘルドデバイスを使用して被験者に関連する生理学的パラメータを決定する方法およびデバイスについて説明する。一態様によれば、本主題は、生理学的パラメータを測定するための非侵襲的技術を含むフォトプレチスモグラフィ技術の実装である可能性がある。生理学的パラメータは、たとえば、心拍数もしくは脈拍数、血中酸素濃度を示すパルスオキシメトリ (SpO₂)、呼吸数、血圧、または心電図 (ECG) の特徴に基づく心臓の状態を含み得る。一例において、ハンドヘルドデバイスは、スマートフォンまたはタブレットパーソナルコンピュータ (PC) である可能性がある。

【0010】

本主題は、高い精度で生理学的パラメータを決定することを含む。生理学的パラメータを正確に決定する目的で、本主題の実施形態によれば、生理学的パラメータを決定するために撮影されたサンプル映像が、一貫性について調べられる。サンプル映像に一貫性があると判定されると、1組の関連するサンプルのPPGの特徴がサンプル映像から抽出され、関連するサンプルのPPGの特徴と、生理学的パラメータのグラントゥールス (ground truth) 値とに基づいて、数学的モデルが決定される。数学的モデルは、リアルタイムで生理学的パラメータを監視するためにハンドヘルドデバイスなどのデバイスで利用される。一例において、関連するサンプルのPPGの特徴は、監視されるべき生理学的パラメータと識別可能な関係にあり、生理学的パラメータを区別可能なように示す特徴である可能性がある。

【0011】

一実施形態によれば、被験者の体の一部の映像が、ハンドヘルドデバイス、たとえば、ハンドヘルドデバイスのカメラを使用して撮影される。前記の例において、体の一部の映像は、体の一部がカメラのレンズに当接している間、撮影される。たとえば、被験者の指先の映像が、生理学的パラメータを測定するために撮影される可能性がある。さらに、映像は、サンプルのPPG波形を得るために処理される。一例において、サンプルのPPG波形は、映像の各フレームの量子化された色値に関して映像を処理し、次いで、フレームの所定の組の各フレームの量子化された色値の周波数を決定することによって得られる可能性がある。次いで、サンプルのPPG波形が、組のフレームの周波数に基づいて決定される。さらにある場合、サンプルのPPG波形の一貫性分析が、サンプルのPPG波形に一貫性があるか否かと、サンプルのPPG波形がモデリングのために使用され得るか否かとを判定するために実現される可能性がある。

10

【0012】

一実施形態において、映像は、サンプルのPPG波形を得るために処理される。一例において、サンプルのPPG波形は、映像の各フレームの量子化された色値に関して映像を処理し、次いで、フレームの所定の組の各フレームの量子化された色値の周波数を決定することによって得られる可能性がある。次いで、サンプルのPPG波形が、組のフレームの周波数に基づいて決定される。サンプルのPPG波形を得ることの一部として、複数の窓(window)が映像から取得され、各窓が所定の数のフレームを含む。一例において、窓は、1つの窓の特定のフレームが隣接する窓の特定のフレームに重なるように取得される可能性がある。理解されるように、上記で使用された隣接するという用語は、本文中で、時間軸上にある窓に対するものである。さらに、所定の数の窓が取得されるとき、映像の一貫性を判定するために実行される所定の数の窓の一貫性分析のために使用される。その後、映像に一貫性があると判定されるとき、被験者に関連する1つまたは複数の生理学的パラメータが決定される。

20

【0013】

一実施形態においては、一貫性分析のために映像を処理し、準備する間に、複数の窓の各フレームに関する1つまたは複数の量子化された色値が、決定されてよい。一例において、量子化された色値は、色モデルに属してよい。したがって、色モデルが赤緑青(RGB)色モデルである場合、量子化された色値は、赤色、青色、または緑色成分のうちのいずれか1つの平均値であり得る。別の例においては、色モデルが色相-彩度-明度(HSV)モデルである場合、量子化された色値は、色モデルの色相、彩度、または明度成分のうちのいずれか1つの平均値であり得る。

30

【0014】

さらに、前記実施形態によれば、各フレームに関する量子化された色値が、たとえば、量子化された色値が所定の範囲内にあるかどうかを調べるために、量子化された色値の所定の範囲と比較され得る。量子化された色値が所定の範囲内にある場合、そのことは、撮影されたフレームが生理学的パラメータを決定するために役立たないことを示す。したがって、たとえば、ハンドヘルドデバイスのスクリーン上のポップアップメッセージの形態のフィードバックが、体の一部を基準にカメラを再配置するかまたはその逆を行って分析のためおよび生理学的パラメータを決定するための新しい映像を撮影するために、被験者に与えられ得る。一方、量子化された色値が所定の範囲外にある場合、撮影された映像は、一貫性分析と、その後に生理学的パラメータを決定することのためにさらに使用され得る。

40

【0015】

一態様によれば、一貫性分析は、映像の窓内の色の量子化された色値のピーク周波数に基づいて実行され得る。一例においては、短時間フーリエ変換(STFT)が、一貫性分析のためにピーク周波数を決定するためにフレームの量子化された色値に適用され得る。ピーク周波数を決定するためにSTFT技術を使用することによって、相当な精度でピーク周波数を決定することを容易にすることができる。別の例において、高速フーリエ変換(FFT)技術

50

が、一貫性分析のためにピーク周波数を決定するためにフレームの量子化された色値に適用され得る。上記の例においては、量子化された色値にSTFTまたはFFT技術を適用することにより、サンプルのPPG波形が生成される。

【0016】

上述のように、範囲内の量子化された色値を有する所定の数の一貫性がある窓が、一貫性分析のために使用される。言い換えれば、一貫性分析は、所定の範囲内のフレームの量子化された色値を有する所定の数の窓が取得されるときに実行され得る。フレームの量子化された値が所定の範囲内にある複数の窓からのそのような窓は、決定窓(determinant windows)と呼ばれる。一実施形態においては、各決定窓に関する量子化された色値のピーク周波数の位置が、各決定窓のフレームの色の量子化された値に基づいて決定されてよい。たとえば、ピーク周波数の位置は、決定窓に関するサンプルのPPG波形から決定される。さらに、決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフト(frequency drift)が、突き止められる。一例においては、周波数ドリフトは、決定窓にわたるピーク周波数の位置の変化を示す。さらに、周波数ドリフトは、閾値の周波数ドリフトを超える場合、決定窓、つまり映像に一貫性がないことを示す。

【0017】

一態様において、周波数ドリフトが閾値の周波数ドリフト以内である場合、映像に一貫性があるか否かを調べるために別のステップが実行される。したがって、一実施形態においては、量子化された色値の信号振幅、たとえば、量子化された色値の振幅が、決定窓内の各フレームで決定され、信号振幅が、閾値の信号振幅と照合される。すべてのフレームの信号振幅が閾値の信号振幅を超えることは、生理学的パラメータを決定するために撮影された映像の一貫性を示す。撮影された映像に一貫性がないと判定される場合、フィードバックが、新しい映像を撮影するために被験者に与えられてよい。

【0018】

PPG波形またはすなわち映像に一貫性があると判定されると、複数のサンプルのPPGの特徴が、サンプルのPPG波形から抽出される。一例においては、サンプルのPPGの特徴は時間領域で抽出され得るが、別の例においては、サンプルのPPGの特徴は周波数領域で抽出され得る。さらに別の例においては、サンプルのPPGの特徴は、時間領域と周波数領域とで抽出され得る。さらに、サンプルのPPGの特徴が時間領域でサンプルのPPG波形から抽出される場合、時間領域の特徴とも呼ばれる時間領域で抽出されるサンプルのPPGの特徴は、サンプルのPPG波形のピーキング周波数(peaking frequency)に関するピーク間の時間間隔、パルス間隔、サンプルのPPG波形がピーキング周波数に達するためにかかる時間を示す隆起時間(crest time)、ピーク最小値(peak minimum)と次のピーク最小値との間の時間差を示す弛緩期時間(diastolic time)、およびサンプルのPPG波形の下領域などの特徴を含み得る。さらに、一例においては、周波数領域の特徴とも呼ばれる周波数領域で抽出されるサンプルのPPGの特徴は、ピーク周波数の位置、卓越ピーク周波数(dominant peak frequency)と中間ピーク周波数(immediate peak frequency)との間の距離、スペクトルの中心(spectral centroid)、および卓越ピーク周波数領域の幅を含み得る。一例によれば、被験者に関連する、被験者の体重、被験者の身長、および被験者の年齢などの身体的特徴が、サンプルのPPGの特徴の一部として考慮され得る。

【0019】

本主題の一態様によれば、サンプルのPPGの特徴が抽出されると、抽出されたサンプルのPPGの特徴の組全体から関連するサンプルのPPGの特徴を選択するための2ステップの手法にしたがう。第1のステップにおいては、サンプルのPPGの特徴とグランドトゥールス値と呼ばれる生理学的パラメータの実際の知られている値との間の相関が決定される。第2のステップにおいては、関連するサンプルのPPGの特徴が、サンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグランドトゥールス値との間の相関の強さに基づいて選択され得る。

【0020】

関連するサンプルの選択の一部として、抽出されたサンプルのPPGの特徴の組全体が、1つまたは複数のトレーニングセットおよびテストセットに分割され得る。一例においては

、関連するサンプルが、トレーニングセットから抽出される可能性があり、一方、テストセットは、選択されたサンプルのPPGの特徴の関連性と選択の精度とを判定するために使用され得る。訓練フェーズにおいては、サンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールース値とが知られており、サンプルのPPGの特徴とグラントゥールース値とに基づいて、各サンプルのPPGの特徴に関する相関係数の値が決定される。次いで、サンプルのPPGの特徴の相関係数の値が、そのサンプルのPPGの特徴に関する利得因子を決定するために使用される。一例においては、利得関数の曲線が、利得因子の値を決定するために使用され得る。前記例においては、利得関数の曲線の傾斜が、各サンプルのPPGの特徴に関する利得因子の最適値を決定するために調整され得る。そのようにして得られた最適な利得因子は、テストフェーズで使用される。訓練フェーズにおいては、サンプルのPPGの特徴が、それらのサンプルのPPGの特徴の最適な利得因子を乗算され、次いで、生理学的パラメータを推定するための分類器モデルを訓練するために使用される。一方、テスト中に、最適な利得因子は、生理学的パラメータを推定するために各サンプルのPPGの特徴を乗算され得る。

10

【0021】

したがって、一実施形態において、サンプルのPPGの特徴および地上較正值に基づき、トレーニングセットの複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する相関係数が決定される。相関係数は、サンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールース値との間の関係を捕捉することができる。一例においては、相関係数は、最大情報係数(MIC: maximum information coefficient)値であってよく、MIC技術に基づいて決定され得る。サンプルのPPGの特徴のMIC値が決定されると、各サンプルのPPGの特徴とグラントゥールース値との間の相関の強さが決定され得る。したがって、複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する利得因子が、相関係数および利得関数に基づいて決定され得る。一例において、利得関数は、シグモイド利得関数であってよい。

20

【0022】

理解されるように、利得関数、つまり利得因子は、たとえば、サンプルのPPGの特徴のMIC値の閾値に基づいて相関の強さが強いサンプルのPPGの特徴を強調する、または際立たせることができる。したがって、一実施形態において、各サンプルのPPGの特徴は、関連するサンプルを選択するためにそれぞれの利得因子に乗算される。一例において、サンプルのPPGの特徴は、利得因子の閾値に基づいて選択されてよい。別の場合、サンプルのPPGの特徴は、サンプルのPPGの特徴の閾値に基づいて選択されてよい。上記どちらの場合においても、サンプルのPPGの特徴がたとえば利得因子の閾値未満の小さな値を有する利得因子に乗算されるとき、サンプルのPPGの特徴の値は抑制され、すなわち、サンプルのPPGの特徴の閾値未満になり、そのようなサンプルのPPGの特徴は破棄され得る。したがって、値が閾値を超えるかまたは利得因子の値が閾値を超えるサンプルのPPGの特徴は、関連するサンプルとして選択され得る。

30

【0023】

その後、選択された関連する特徴のテストが、たとえば、抽出されたサンプルのPPGの特徴の中から事前に選択されたテストセットを使用して実行される。一実施形態においては、各サンプルのPPGの特徴に関して選択された利得因子が、利得因子に基づいて関連すると選択されたサンプルのPPGの特徴が正確に選択されるか否かをテストするためにテストセットのサンプルのPPGの特徴とともに使用される。一例において、テストセットのサンプルのPPGの特徴は、トレーニングセットに関して決定されたそれぞれの利得因子に乗算され得る。乗算に基づいて、トレーニングセットから選択されたサンプルのPPGの特徴と同じサンプルのPPGの特徴が、テストセットから関連するサンプルとして選択されるかどうか判定され得る。

40

【0024】

さらに、一実施形態によれば、上記で選択された関連するサンプルが、リアルタイムで生理学的パラメータを推定し、監視するために展開される。したがって、一実施形態においては、関連するサンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールース値と

50

に基づいて、数学的モデルが決定される。数学的モデルは、関連するサンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールス値との間の関係を捕捉する。一態様によれば、数学的モデルは、教師あり学習技術(supervised learning techniques)を使用して、関連するサンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールス値とに基づいて決定され得る。そのように決定された数学的モデルは、PPG波形およびサンプルのPPGの特徴に基づいて生理学的パラメータに関するグラントゥールス値を推定するため、およびその逆に使用され得る。

【 0 0 2 5 】

一実施形態においては、数学的モデルは、さらに展開される前に、精度を調べられ得る。一例において、数学的モデルは、生理学的パラメータの測定された値が存在する値の範囲を示す生理学的パラメータのビン(bin)を推定するために試験環境で使用され得る。推定された生理学的パラメータのビンは、数学的モデルが正確か否かを判定するために生理学的パラメータの実際の知られている値と比較され得る。数学的モデルが正確ではない場合、数学的モデルの訓練が、精度を高めるために成し遂げられる。たとえば、数学的モデルを改良するために、さまざまなサンプルの被験者に関するさらなるPPG波形が取得され、上記で説明されたのと同様にして処理され得る。

10

【 0 0 2 6 】

一実施形態において、数学的モデルは、試験対象者に関連する生理学的パラメータを監視するための、以降、デバイスと呼ばれる生理学的パラメータ監視デバイスで与えられてよい。一実施形態においては、展開された数学的モデルを有するデバイスを使用して生理学的パラメータを監視するために、試験対象者の映像が、デバイスのカメラを使用して撮影されてよい。一実施形態においては、その後、映像が、テストサンプルのPPGの特徴が抽出されるテストPPG波形を得るためにデバイスによって処理され得る。一例において、テストPPG波形は、サンプルのPPG波形を得ることに關して説明されたのと同様にして映像から得られる。加えて、テストサンプルのPPGの特徴は、サンプルのPPGの特徴と同じである可能性がある。別の場合、デバイスは、関連するサンプルのPPGの特徴に対応するサンプルのPPGの特徴を抽出してよい。

20

【 0 0 2 7 】

一実施形態においては、生理学的パラメータを突き止めるために、所定の数のフレームを包含する複数の決定窓が、決定窓の中から選択される。一例において、一貫性がある窓の最後の合計512フレームを包含する決定窓が、生理学的パラメータを測定するために選択される。さらに、本主題は、選択された決定窓が生理学的パラメータを決定するのに有効であるかどうかを調べるための追加のステップを実行することを規定する。したがって、一実施形態において、ピーク周波数の検出の検査が、選択された決定窓の各々に関して実行される。一例においては、測定されている生理学的パラメータが心拍数である場合、ピーク周波数の検出の検査は、ピーク周波数の一貫性に関してフレームを調べるために実行される。一例において、ピーク周波数の検出の検査は、被験者の脈拍の周期性を示し得る。

30

【 0 0 2 8 】

上述の検査が実行され、選択された決定窓がピーク周波数の検出の検査を通ると、各選択された決定窓に関する量子化された色値のピーク周波数が決定される。一例において、各選択された決定窓に関するピーク周波数は、選択された窓内の各フレームの量子化された色値に高速フーリエ変換(FFT)を適用することによって決定され得る。別の例においては、選択された決定窓の各々に関するピーク周波数は、選択された窓内の各々のフレームの量子化された色値にSTFT技術を適用することによって決定され得る。したがって、選択された決定窓内のすべてのフレームを考慮して、量子化された色値のピーク周波数が、被験者に関連する生理学的パラメータを決定するために使用される。一方、1つまたは複数の選択された決定窓がピーク周波数の検出の検査を通らない場合、プロンプトまたはフィードバックが、新しい映像を撮影するために被験者に提供されてよい。

40

【 0 0 2 9 】

50

さらに、映像に一貫性がある場合、デバイスは、テストの特徴および数学的モデルに基づいて生理学的パラメータを推定し、監視することができる。一例において、デバイスおよびそのデバイスに展開された数学的モデルは、生理学的パラメータに関して推定された生理学的パラメータのピンを示すことができる。したがって、前記例において、数学的モデルに基づいて行われる推定は、定量的な測定ではなく定性的に示すものである可能性がある。そのような場合、本主題による推定は、被験者の生理学的パラメータおよび状態が、たとえば、適切な医療支援が被験者に適時提供され得るように被験者の医学的状态を追跡するために監視され得る方法を提供する。

【0030】

本主題は、生理学的パラメータを測定するための比較的少ない時間的リソースおよび計算リソースを同時にともなう生理学的パラメータの正確な決定を提供する。たとえば、生理学的パラメータの測定は、映像が一貫性に関して調べられるので、被験者の動きによる誤りが実質的にない。加えて、映像に一貫性がないと判定されるとき、被験者は、通知され、誤りについて知らされる。したがって、被験者は、生理学的パラメータを決定するための映像を再撮影することができる。結果として、生理学的パラメータの誤った測定およびその結果が避けられる。加えて、測定は、使用するのに便利なハンドヘルドデバイスによって行われ得る。たとえば、本主題は、高齢者または動くことのできない人に関する生理学的パラメータを測定する際に便利である。

【0031】

さらに、映像から抽出されたサンプルのPPGの特徴の組全体から、関連するわずかなサンプルのPPGの特徴を選択することにより、生理学的パラメータの推定および生理学的パラメータの監視の精度が非常に高くなる。加えて、生理学的パラメータの推定中、比較的少ない数の特徴が分析され、処理されるので、生理学的パラメータの監視に関わる計算リソースおよび時間が、かなり少なくなる。したがって、そのようなモデルは、処理能力が低いデバイスにさえも展開され得る。結果として、本主題による生理学的パラメータの監視は、容易にスケーリングでき、極めて利用しやすくされ得る。

【0032】

加えて、サンプルの被験者の身体的特徴を含めることにより、生理学的パラメータを推定している間に生理学的パラメータに影響を与えるそのような要因が考慮されるので、生理学的パラメータの推定の精度がさらに高まる。さらに、その他の感知デバイスからの入力が必要とされないの、PPG波形から抽出された特徴と組み合わせてそのような身体的特徴を使用することにより、血圧およびECGの特徴などの生理学的パラメータの正確な推定が提供される。したがって、本主題の態様においては、生理学的パラメータが、関連するサンプルのPPGの特徴のみに基づいて推定され、監視され得る。たとえば、数学的モデルは、関連するサンプルのPPGの特徴と監視されるべき生理学的パラメータのグラントゥールス値とにのみ基づいて決定され得る。結果として、本主題は、生理学的パラメータの正確な監視を提供し、同時に、そのような監視のために使用される機器が、たとえば、携帯電話などのハンドヘルドデバイスで持ち運びでき、扱いが容易であるように提供され得る。

【0033】

本主題のこれらおよびその他の利点が、以下の図と関連してより詳細に説明される。生理学的パラメータを監視するための説明されるシステムおよび方法の態様は、任意の数の異なるコンピューティングシステム、環境、および/または構成で実装される可能性があるが、実施形態は、以下のデバイスとの関連で説明される。

【0034】

図1は、本主題の実施形態による、被験者に関連する生理学的パラメータの監視を容易にするために結合されるモデリングシステム100を示す。一実施形態において、モデリングシステム100は、フォトプレチスモグラフィ(PPG)技術と生理学的パラメータの知られている値とに基づいて、PPG波形と生理学的パラメータとの間の相関を決定することができる。次いで、この相関が、リアルタイムで生理学的パラメータを監視するために使用され

10

20

30

40

50

得る。一例において、モデリングシステム100は、ワークステーション、パーソナルコンピュータ、たとえば、デスクトップコンピュータもしくはラップトップ、マルチプロセッサシステム、ネットワークコンピュータ、ミニコンピュータ、またはサーバとして実装されてよい。

【0035】

一実施形態において、モデリングシステム100は、プロセッサ102およびメモリ104を含む。プロセッサ102は、1つもしくは複数のマイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、中央演算処理装置、状態機械、論理回路、および/または動作命令に基づいて信号を操作する任意のデバイスとして実装される可能性がある。能力の中でもとりわけ、プロセッサは、メモリ104に記憶されたコンピュータ可読命令をフェッチし、実行するように提供される。メモリ104は、プロセッサ102に結合されてよく、たとえば、スタティックランダムアクセスメモリ (SRAM) およびダイナミックランダムアクセスメモリ (DRAM) などの揮発性メモリ、ならびに/または読み出し専用メモリ (ROM)、消去可能プログラマブルROM、フラッシュメモリ、ハードディスク、光ディスク、および磁気テープなどの不揮発性メモリを含む当技術分野で知られている任意のコンピュータ可読媒体を含み得る。

10

【0036】

さらに、モデリングシステム100は、モジュール106およびデータ108を含み得る。モジュール106およびデータ108は、プロセッサ102に結合されてよい。モジュール106は、とりわけ、特定のタスクを実行するか、または特定の抽象データ型を実装するルーチン、プログラム、オブジェクト、構成要素、データ構造などを含む。加えて、モジュール106は、信号プロセッサ、状態機械、論理回路、および/または動作命令に基づいて信号を操作する任意のその他のデバイスもしくは構成要素として実装されてよい。

20

【0037】

一実施形態において、モジュール106は、処理モジュール110、一貫性分析モジュール112、特徴選択モジュール114、テストモジュール116、モデリングモジュール118、およびその他のモジュール120を含む。その他のモジュール120は、モデリングシステム100によって実行されるアプリケーションまたは機能を補完するプログラムまたは符号化された命令を含んでよい。加えて、前記実施形態において、データ108は、処理データ122、一貫性分析データ124、特徴データ126、モデリングデータ128、およびその他のデータ130を含む。とりわけ、その他のデータ130は、モジュールの中の1つまたは複数のモジュールの実行の結果として処理されるか、受信されるか、または生成されるデータを記憶するためのリポジトリとして機能することができる。さらに、データ108はモデリングシステム100内に示されているが、データ108が、モデリングシステム100に動作可能なように結合され得る外部リポジトリ (図示せず) 内に存在する可能性があることは、理解されよう。したがって、モデリングシステム100は、データ108から情報を得るために外部リポジトリと通信するためのインターフェース (図示せず) を備えてもよい。

30

【0038】

加えて、動作のために、モデリングシステム100は、サンプルの被験者に関連するPPG波形を得るためのサンプリングデバイス132に結合されてよい。さらに、モデリングシステム100は、相関を使用し、患者などの試験対象者に関する生理学的パラメータを監視する生理学的パラメータ監視デバイス134とインターフェースをとる。一例において、生理学的パラメータ監視デバイス134は、処理能力を提供するためのプロセッサを有するハンドヘルドデバイスであってよい。たとえば、生理学的パラメータ監視デバイス134は、携帯電話、携帯情報端末 (PDA)、スマートフォン、またはタブレットパーソナルコンピュータであってよい。

40

【0039】

動作の際、サンプリングデバイス132は、相関がモデリングされるべき生理学的パラメータのグラントゥールス値が知られているサンプルの被験者の映像を撮影する。理解されるように、グラントゥールス値は、生理学的パラメータの実際の知られている値であ

50

る。生理学的パラメータが血圧である一例において、グランドトゥルス値は、収縮期血圧および弛緩期血圧の値であり得る。生理学的パラメータが心臓の状態を監視するためのECGの特徴である別の例においては、グランドトゥルス値は、ECGの特徴、たとえば、QRS群、PR間隔、RR間隔、およびQT間隔の値であり得る。

【 0 0 4 0 】

一例においては、映像を撮影するために、被験者は、カメラ138のフラッシュライトがオンにされている間に、体の一部136をカメラ138のレンズに接触させて配置することができる。たとえば、被験者は、映像を撮影するために被験者の指先をカメラ138上に配置してもよい。別の例において、映像は、被験者の耳たぶから撮影されてもよい。そのような位置で、被験者の体の一部136の映像が、サンプリングデバイス132のカメラ138を使用して撮影される。一例において、フラッシュライトは、発光ダイオード(LED)式のフラッシュライトであってよく、さらなる処理のために映像を効果的に撮影するために体の一部136に適切な照明を当てることができる。一例において、サンプリングデバイス132のカメラ138は、約30フレーム毎秒(fps)のレートで映像を撮影することができる。

【 0 0 4 1 】

さらに、映像は処理され、一貫性分析のために調べられ、その後、生理学的パラメータを決定するために使用され得る。一例において、サンプリングデバイス132は、モデリングシステム100に映像を提供することができ、映像は、処理モジュール110によって処理され得る。

【 0 0 4 2 】

一実施形態によれば、処理モジュール110および一貫性分析モジュール112は、映像の一貫性を判定するための有限状態機械(FSM)としてまとめて実装され得る。したがって、処理モジュール110は、処理モジュール110がさらなる分析のためにサンプリングデバイス132から映像を取得する取得状態にあってよい。映像が取得されると、FSMの状態は、処理モジュール110が映像を処理することができ、一貫性分析モジュール112が映像の一貫性を判定する分析状態に変わってよい。

【 0 0 4 3 】

一実施形態において、処理モジュール110は、複数の窓を得るために映像を処理し、分析し、各窓は、所定の数のフレームを含む。一例において、処理モジュール110は、映像を処理して、1つの窓の特定のフレームが隣接する窓の特定のフレームに重なるような窓を取得する。理解されるように、上記で使用された隣接するという用語は、本文中で、時間軸上にある窓に対するものである。たとえば、処理モジュール110は、各々が映像からの64フレームを有する12個の連続する窓を取得し、64フレームの各窓は、48フレームによってシフトされ、このことは、1つの窓の16フレームがそのすぐ後に続く窓の16フレームに重なることを意味する。

【 0 0 4 4 】

一実施形態においては、映像の処理の一部として、処理モジュール110は、複数の窓内の各フレームに関する1つまたは複数の量子化された色値を決定することができる。一例において、処理モジュール110は、特定の色モデルの量子化された色値を決定することができる。色モデルが赤緑青(RGB)色モデルである例に関して、処理モジュール110は、各フレームに関して赤色、青色、または緑色成分のうちのいずれか1つの平均値(値が量子化された色値であり得る)を決定することができる。色モデルが色相-彩度-明度(HSV)モデルである別の場合、処理モジュール110は、各フレームに関して色モデルの色相、彩度、または明度成分のうちのいずれか1つの平均値を決定することができる。フレームの量子化された色値は、処理データ122に記憶され得る。

【 0 0 4 5 】

加えて、処理モジュール110は、撮影された映像を有効性に関して調べ、たとえば、映像が生理学的パラメータを決定するために十分なだけ鮮明であり、かつ十分に照明が当たっているかどうかを調べることができる。前記実施形態によれば、処理モジュール110は、たとえば、量子化された色値が所定の範囲内にあるかどうかを調べるために、各フレイ

10

20

30

40

50

ムに関する量子化された色値を量子化された色値の所定の範囲と比較することができる。たとえば、比較によって、処理モジュール110は、フレーム内の血流信号(blood signal)の第1の発生を判定することができ、血流信号は、体の一部、たとえば、指先の皮下の血管内の血液の脈動を示す。一例において、処理モジュール110は、血流信号を判定するための映像の8つの連続するフレームに関して、彩度成分および色相成分の量子化された色値を決定することができる。

【0046】

量子化された色値が所定の範囲内にある場合、そのことは、撮影されたフレームが生理学的パラメータを決定するために役立たないことを示す。したがって、処理モジュール110は、分析し、生理学的パラメータを決定するための新しい映像を撮影するために、被験者がカメラ138または体の一部136を他方に対して再配置するために、たとえば、デバイス132のスクリーン上のポップアップメッセージの形態でフィードバックを生成してもよい。一方、量子化された色値が所定の範囲外にある場合、一貫性分析モジュール112は、撮影された映像をさらなる分析のために使用することができる。量子化された色値の所定の範囲は、処理データ122に記憶され得る。

【0047】

上述のように、取得状態が完了すると、状態が分析状態に変わり、一貫性分析モジュール112が映像の一貫性を判定することができる。一態様によれば、一貫性分析モジュール112は、映像のフレームの色の量子化された値のピーク周波数に基づいて、映像に関する一貫性分析を実行することができる。一例においては、一貫性分析モジュール112は、一貫性分析のためにピーク周波数を決定するためにフレームの量子化された色値に短時間フーリエ変換(STFT)技術を適用し得る。上記例において、一貫性分析モジュール112は、サンプルのPPG波形を生成するために量子化された色値にSTFT技術またはFFT技術を適用し得る。

【0048】

したがって、一貫性分析モジュール112は、決定窓と呼ばれる複数の窓からのいくつかの窓を取得し、決定窓に関する一貫性分析を実行してよい。48だけシフトされた64フレームの12個の窓が映像から取得される一例において、一貫性分析モジュール112は、フレームの量子化された色値が所定の範囲内にある11個のそのような決定窓が得られると、映像の一貫性を分析することができる。したがって、一例においては、フレームの量子化された値が所定の範囲内にある複数の窓からのそのような窓は、一貫性分析のためにさらに使用されてよく、決定窓と呼ばれ得る。前記実施形態において、一貫性分析モジュール112は、一貫性分析のために各決定窓に関する量子化された色値のピーク周波数の位置を決定することができる。

【0049】

一例において、一貫性分析モジュール112は、各決定窓のフレームの色の量子化された値に基づいて各決定窓のピーク周波数の位置を決定してよい。フレームに関して決定されたピーク周波数の位置は、一貫性分析データ124に記憶される。その後、映像を分析するために、一貫性分析モジュール112は、決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフトを評価してよい。一例においては、周波数ドリフトは、決定窓にわたるピーク周波数の位置の変化を示す。ある場合、決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフトは、すべての決定窓に関して、1つの窓のピーク周波数の位置をあらゆるその他の窓のピーク周波数の位置と比較することによって決定され得る。

【0050】

さらに、一貫性分析モジュール112は、決定された周波数ドリフトを閾値の周波数ドリフトと比較することができ、周波数ドリフトが閾値を超える場合、そのことは、決定窓およびしたがって映像に一貫性がないことを示す。一方、一貫性分析モジュール112が、周波数ドリフトが閾値の周波数ドリフト以内であり、周波数ロックと呼ばれる状態を突き止める場合、本主題の態様によれば、一貫性分析モジュール112は、映像の一貫性を確認するための別の検査を実行することができる。閾値の周波数ドリフトは、一貫性分析データ

124に記憶される。

【 0 0 5 1 】

したがって、一実施形態において、一貫性分析モジュール112は、決定窓内の各フレームに関して、量子化された色値の信号振幅、たとえば、量子化された色値の振幅を決定することができ、信号振幅を閾値の信号振幅と比較する。一貫性分析モジュール112がすべてのフレームの信号振幅が閾値の信号振幅を超えると判定する場合、そのことは、生理学的パラメータを決定するために撮影された映像の一貫性を示す。撮影された映像に一貫性がないと判定される場合、一貫性分析モジュール112は、新しい映像を撮影するために被験者にフィードバックを提供することができる。

【 0 0 5 2 】

上記の説明から理解されるように、映像の一貫性が確立されない限り、処理モジュール110および一貫性分析モジュール112からなるFSMは、取得状態と分析状態との間を連続的に入れ替える。映像の一貫性が確立されると、FSMは、状態をモデル状態に変更する。モデル状態においては、特徴選択モジュール114、テストモジュール116、およびモデリングモジュール118が、処理された一貫性がある映像から数学的モデルをモデリングすることができる。

【 0 0 5 3 】

さらに、処理モジュール110は、サンプルのPPG波形を分析し、サンプルのPPG波形から複数のサンプルのPPGの特徴を取得することができる。一例において、サンプルのPPG波形から抽出されるサンプルのPPGの特徴は、1組の時間領域の特徴、または1組の周波数領域の特徴、またはそれら両方を含んでもよい。たとえば、1組の時間領域の特徴は、サンプルのPPG波形のピーキング周波数に関するピーク間の時間間隔、パルス間隔、サンプルのPPG波形がピーキング周波数に達するためにかかる時間を示す隆起時間、弛緩期時間、パルスの高さ、およびサンプルのPPG波形の下領域を含んでもよい。

【 0 0 5 4 】

処理モジュール110によってPPG波形からサンプルのPPGの特徴を決定することは、以下の例示の助けを借りて理解され得る。サンプルのPPGの特徴が被験者の血圧を推定するためのモデルを決定するために取得される場合を考える。そのような場合、サンプルのPPGの特徴を取得するために、サンプルのPPG波形から、収縮期ピーク(T_{sn} , A_{sn})、谷点(valley point) (T_{vn} , A_{vn})、および重複切痕(T_{dn} , A_{dn})が、たとえば、時間領域で決定される。前記例において、Tは時刻を表し、AはサンプルのPPG波形の上述の特徴に関する振幅を表す。たとえば、処理モジュール110は、PPG波形、たとえば、PPG波形を表す関数の極大点および極小点に基づいて収縮期ピークおよび谷点を決定することができる。さらに、前記例において、処理モジュール110は、まずPPG波形を表す関数の導関数を決定し、次いで1つのPPG波形の収縮期ピーク(systolic peak)と隣接するPPG波形のピークの谷点(valley point)との間の第1の極大を特定することによって重複切痕(dicrotic notch)を決定することができる。

【 0 0 5 5 】

PPG波形に関連する上述のパラメータに基づいて、さまざまなサンプルのPPGの特徴が決定される。そのようなサンプルのPPGの特徴は、たとえば、谷点で測定された谷振幅(valley amplitude) (A_{vn})、収縮期ピークで測定された収縮期ピーク振幅(A_{sn})、重複切痕で測定された重複切痕振幅(A_{dn})、および収縮期ピークと重複切痕との間のPPG波形の下領域を示す収縮期領域、および1つのPPG波形のピークの重複切痕と続くPPG波形のピークの谷点との間のPPG波形の下領域である重複切痕領域を含み得る。一例において、収縮期領域および重複切痕領域は、以下のそれぞれの式を用いて決定され得る。

【 0 0 5 6 】

【 数 1 】

$$\text{収縮期領域} = \sum_{T_{sn}}^{T_{dn}} P$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

【 数 2 】

$$\text{重複切痕領域} = \sum_{T_{dn}}^{T_{vn}+1} P$$

【 0 0 5 8 】

ここで、Pは、PPG波形の式を表す。

【 0 0 5 9 】

加えて、前記例において、上述のパラメータに基づいて得られるサンプルのPPGの特徴は、たとえば、収縮期領域および重複切痕領域の和として測定されるPPG波形の下の合計領域と、たとえば、収縮期領域に対する重複切痕領域の比として測定される領域の比とを含んでもよい。さらに、サンプルのPPGの特徴は、たとえば、2つの隣接するPPG波形のピークの収縮期ピークの間の時間間隔として決定されたピーク間隔、PPG波形の谷から測定された収縮期ピークの振幅として決定されたパルスの高さ、および隣接するPPG波形のピークの谷点の間の時間として測定されたパルス間隔を含んでもよい。一例において、合計領域、領域の割当て、ピーク間隔、パルスの高さ、およびパルス間隔は、以下のそれぞれの式に基づいて決定される。

10

【 0 0 6 0 】

$$\text{合計領域} = \text{収縮期領域} + \text{重複切痕領域}$$

【 0 0 6 1 】

$$\text{領域の比} = \text{重複切痕領域} / \text{収縮期領域}$$

20

【 0 0 6 2 】

$$\text{ピーク間隔} = T_{sn+1} - T_{sn}$$

【 0 0 6 3 】

$$\text{パルスの高さ} = A_{sn} - A_{vn}$$

【 0 0 6 4 】

$$\text{パルス間隔} = T_{vn+1} - T_{vn}$$

【 0 0 6 5 】

さらに、一例において、サンプルのPPGの特徴は、同じPPG波形のピークの収縮期ピークと谷点との間の時間差として決定された隆起時間、同じPPG波形のピークの重複切痕と収縮期ピークとの間の時間差を示すデルタ時間(delta time)を含み得る。加えて、サンプルのPPGの特徴は、脈波増大係数(augmentation index)および反射指数(reflection index)を含み得る。隆起時間、デルタ時間、脈波増大係数、および反射指数は、例として、以下の式を用いて決定され得る。

30

【 0 0 6 6 】

$$\text{隆起時間} = T_{sn} - T_{vn}$$

【 0 0 6 7 】

$$\text{デルタ時間} = T_{dn} - T_{sn}$$

【 0 0 6 8 】

$$\text{脈波増大係数} = (A_{dn} - A_{vn}) / (A_{sn} - A_{vn})$$

40

【 0 0 6 9 】

$$\text{反射指数} = 1 - \text{脈波増大係数}$$

【 0 0 7 0 】

サンプルのPPGの特徴が被験者のECGの特徴を推定するためのモデルを決定するために取得される別の場合を考える。一例においては、そのような場合にも、サンプルのPPG波形からサンプルのPPGの特徴を得るために、収縮期ピーク(T_{sn} , A_{sn})、谷点(T_{vn} , A_{vn})、および重複切痕(T_{dn} , A_{dn})がサンプルのPPG波形から決定され、ここで、Tは時刻を表し、AはサンプルのPPG波形の上述の特徴に関する振幅を表す。収縮期ピーク、谷点、および重複切痕の座標に基づいて、PPG波形に関連するさまざまなサンプルのPPGの特徴が得られる。

50

【 0 0 7 1 】

一例において、ECGの特徴の推定のそのような場合、サンプルのPPGの特徴は、2つの隣接するPPG波形のピークの収縮期ピークの間の時間間隔として決定されるピーク間間隔、隣接するPPG波形のピークの谷点の間の時間として測定されるパルス間隔、PPG波形の谷から測定された収縮期ピークの振幅として決定されるパルスの高さ、同じPPG波形のピークの収縮期ピークと谷点との間の時間差を示す隆起時間、同じPPG波形のピークの重複切痕と収縮期ピークとの間の時間差として測定されるデルタ時間を含み得る。一例において、そのようなサンプルのPPGの特徴は、上述の同じそれぞれの式を使用して決定される。

【 0 0 7 2 】

加えて、ECGの特徴を推定する場合、サンプルのPPGの特徴は、同じPPG波形のピークの谷点と重複切痕との間の時間間隔として決定される重複時間(dicrotic time)、1つのPPG波形のピークの収縮期ピークと隣接するPPG波形のピークの谷点との間の時間間隔を示す下降時間、1つのPPG波形のピークの重複切痕と隣接するPPG波形のピークの谷点との間の時間間隔を示す重複切痕-極小間時間(dicrotic to minima time)、谷点から収縮期ピークまでのPPG波形の立ち上がり部分に関して測定されたPPG波形の立ち上がりの傾斜、および収縮期ピークから隣接するPPG波形のピークの谷点までのPPG波形の下降部分に関して測定されたPPG波形の下降の傾斜を含み得る。一例において、重複時間、下降時間、重複切痕-極小間時間、立ち上がりの傾斜、および下降の傾斜は、それぞれ、以下の式に基づいて決定される。

【 0 0 7 3 】

$$\text{重複時間} = T_{dn} - T_{vn}$$

【 0 0 7 4 】

$$\text{下降時間} = T_{vn+1} - T_{sn}$$

【 0 0 7 5 】

$$\text{重複切痕-極小間時間} = T_{vn+1} - T_{dn}$$

【 0 0 7 6 】

$$\text{立ち上がりの傾斜} = (A_{sn} - A_{vn}) / (T_{sn} - T_{vn})$$

【 0 0 7 7 】

$$\text{下降の傾斜} = (A_{vn+1} - A_{sn}) / (T_{vn+1} - T_{sn})$$

【 0 0 7 8 】

さらに、一態様によれば、サンプルの被験者に関連する身体的特徴も、サンプルのPPGの特徴として考慮され得る。たとえば、身体的特徴は、被験者の体重、被験者の身長、およびサンプルの被験者の年齢を含み得る。前記例においては、上記説明から理解されるように、処理モジュール110は、時間領域、または周波数領域、またはそれら両方でサンプルのPPGの特徴を取得してよい。たとえば、処理モジュール110は、振幅-周波数曲線から周波数領域のサンプルのPPGの特徴を抽出してよい。一例において、処理モジュール110は、周波数領域の特徴として、卓越ピーク周波数の位置、卓越ピーク周波数と中間ピーク周波数との間の距離、スペクトルの中心、および卓越ピーク周波数領域の幅を抽出してよい。一例においては、周波数領域の特徴を取得するために、処理モジュール110は、サンプルの映像のフレームを1024または256個のサンプルの重なり合わない長方形の窓に分割して、上述のようにサンプルのPPG波形を得ることができる。さらに、処理モジュール110は、抽出されたサンプルのPPGの特徴、サンプルの映像から取得または抽出された1組のサンプルのPPGの特徴を形成する抽出されたサンプルのPPGの特徴を処理データ122に記憶することができる。

【 0 0 7 9 】

さらに、一実施形態においては、特徴選択モジュール114が、1組のサンプルのPPGの特徴から1つまたは複数の関連するサンプルのPPGの特徴を選択することができる。一実施形態においては、関連するサンプルのPPGの特徴が1組のサンプルのPPGの特徴から選択される前に、処理モジュール110が、サンプルのPPGの特徴から中間の誤ったピークまたはトラフ点(trough point)を取り除いて、サンプルのPPGの特徴から雑音を削除してもよい。そ

10

20

30

40

50

うでない場合、サンプルのPPGの特徴の抽出中に、実際のピークまたはトラフ点が、雑音の多い環境が原因で完全に見逃される可能性があり、サンプルのPPGの特徴の誤った計算をもたらす可能性がある。一例において、処理モジュール110は、サンプルのPPGの特徴の2つのクラスタを生成してよい。さらに、ヒストグラム分析に基づいて、処理モジュール110は、クラスタ分析のための重心を初期化してよい。その後、処理モジュール110は、2平均クラスタリングを適用し、その後、クラスタ密度推定にしたがい、誤ったサンプルのPPGの特徴を削除してよい。別の場合、処理モジュール110は、k平均アルゴリズムを適用してクラスタの重心を得ることができる。さらに、処理モジュール110は、誤ったサンプルのPPGの特徴を削除し、関連するサンプルの選択のために使用され得る1組のサンプルのPPGの特徴を取得するためにXie-Beni指数を使用してよい。

10

【0080】

さらに、本主題の一態様によれば、特徴選択モジュール114が、複数のサンプルのPPGの特徴から1つまたは複数の関連するサンプルのPPGの特徴を選択することができる。

【0081】

本主題の一態様によれば、特徴選択モジュール114は、抽出されたPPGの特徴の組全体から関連するPPGの特徴を選択するための2ステップの手法にしたがう可能性がある。第1のステップにおいて、特徴選択モジュール114は、PPGの特徴と生理学的パラメータのグランドトゥールース値との間の相関を決定することができる。さらに、第2のステップにおいて、特徴選択モジュール114は、PPGの特徴と生理学的パラメータのグランドトゥールース値との間の相関の強さに基づいて関連するPPGの特徴を選択することができる。

20

【0082】

一実施形態によれば、関連するPPGの特徴の選択の一部として、特徴選択モジュール114は、抽出されたPPGの特徴の組全体を1つまたは複数のトレーニングセットおよびテストセットに分割し、1つまたは複数のトレーニングセットおよびテストセットを特徴データ126に記憶することができる。一例において、特徴選択モジュール114は、トレーニングセットから関連するPPGの特徴を抽出し、テストセットを使用して関連するPPGの特徴の選択の精度を判定することができる。

【0083】

したがって、特徴選択モジュール114は、PPGの特徴およびグランドトゥールース値に基づくトレーニングセットの複数のPPGの特徴の各々に関する相関係数を決定することができる。相関係数は、PPGの特徴と生理学的パラメータのグランドトゥールース値との間の関係を捕捉することができる。一例において、特徴選択モジュール114は、MIC技術に基づいて、最大情報係数(MIC)値を相関係数として決定することができる。一例において、特徴選択モジュール114は、データの対の間、すなわち、PPGの特徴とグランドトゥールース値との間の最大の相互情報量(mutual information)を発見するためにさまざまなサイズのグリッド(grid)を構築することができる。データの各ペア(x, y)に関して、IがグリッドGに関する相互情報量である場合、サンプルサイズnおよびグリッドサイズ(xy)の対のペアワイズデータの組DのMICについて、特徴選択モジュール114は、例として、以下の関係に基づいて相関係数、すなわち、MIC値を決定することができる。

30

$$\text{MIC}(D) = \max_{x, y \in B(n)} \{M(D)_{x, y}\} \dots \dots \dots (1)$$

40

【0084】

上述の関係(1)において、式 $\{M(D)_{x, y}\}$ は、データの対(x, y)の間の正規化された相互情報量を測る。加えて、関係(1)において、グリッドサイズ(xy)は、B(n)未満であり、ここで、B(n)は、サンプルサイズの関数であり、たとえば、以下の関係によって与えられ得る。

$$B(n) = n^{0.6}$$

【0085】

さらに、グリッドGの異なる分布に関して、M(D)は、例として、以下の式によって与えられ得る。

【0086】

50

【数 3】

$$M(D)_{x,y} = \frac{\max \{I(D|G)\}}{\log \min(x, y)}$$

【0087】

PPGの特徴のMIC値が決定されると、特徴選択モジュール114は、各PPGの特徴とグランドトゥールース値との間の相関の強さを決定することができる。したがって、一態様によれば、特徴選択モジュール114は、相関係数および利得関数に基づいて、複数のPPGの特徴の各々に関する利得因子を決定することができる。

10

【0088】

一例において、利得関数は、シグモイド利得関数であってよく、 $-\infty$ から ∞ までの範囲のPPGの特徴の値を0から1までの間に変換し得る。前記例において、特徴選択モジュール114は、例として、以下のシグモイド関数に基づいて利得因子(G_n)を決定することができる。

【0089】

【数 4】

$$G_n = \frac{1}{1 + e^{-m(w_n - 0.5)}}$$

20

【0090】

上記の式で、 w_n は、ECGに関連するPPGの特徴の相関係数、たとえば、MIC値であってよく、0.5が、相関係数の閾値であってよい。上述の場合、閾値は最大のMIC値、すなわち1の半分になるよう選択されるが、その他の例においては、閾値は0.5以外になるように選択されてもよい。前記例において、利得因子は、取得されたMIC値に基づいて、グランドトゥールースを基準にしてPPGの特徴の各々に重み付けを割り振ることができる。たとえば、高い、すなわち、約0.5を超えるMIC値が得られる場合、 G_n に関する式にしたがって、利得因子は1に近くなり、得られたMIC値が低い、すなわち、約0.5未満である場合、そのPPGの特徴に関する利得因子は0に近い。さらに、定数 m は、たとえば、利得因子が相関係数に対して記されるときに利得関数の曲線の傾斜または勾配を制御する。事実上、上記の関係から明らかであるように、 m の値は、利得因子の値を決定し得る。たとえば、関数は、 $m = 0$ で水平線を形成し、相関係数のすべての値に関して0.5の利得因子をもたらす。これは、特徴選択基準がないことに等しいと理解され得る。

30

【0091】

したがって、一実施形態において、特徴選択モジュール114は、関連するPPGの特徴を選択するために、各PPGの特徴にそれぞれの利得因子を掛け得る。上記の関係の例を考慮すると、利得係数は、利得関数の曲線の傾斜の定数 m の選択によって決定される。前記実施形態において、特徴選択モジュール114は、 m の最適値、およびしたがって、PPGの特徴のそれぞれに関する利得関数の最適値を決定するために、値を所定の増分値だけ増やすことができる。所定のステップでの傾斜定数 m のそのような増分は、傾斜定数 m の調整と呼ばれる。

40

【0092】

一実施形態によれば、利得関数の最適値を決定するために、特徴選択モジュール114は、 k 分割検証(k -fold validation)技術を使用することができる。前記技術によれば、一例において、特徴選択モジュール114は、トレーニングデータセットを使用して、傾斜定数 m の値を調整することによって、すなわち、分類器モデルを使用して傾斜定数 m の異なる値に基づいてPPGの特徴を決定することができる。一例において、分類器モデルは、サポートベクターマシン(SVM)に基づくモデルおよび適応ニューラルネットワーク(ANN)に基づくモデルのうちの1つであってよい。前記例においては、決定されたPPGの特徴の精度に基づ

50

いて、利得関数の値が決定され得る。前記例においては、決定されたPPGの特徴が、PPGの特徴を決定する精度を判定するために、知られているグラントゥールス値と比較され得る。さらに、正確に決定されたPPGの特徴に関する利得因子が、最適な利得因子として選択され得る。

【0093】

別の例においては、正確に決定されたPPGの特徴に基づいて、傾斜定数 m の最適値が決定され得る。そのような場合、傾斜定数 m の最適値に基づいて、利得因子の値が、利得因子 G_n に関する式から決定され得る。さらに、別の実施形態において、特徴選択モジュール114は、傾斜定数 m の値を調整してPPGの特徴の値を決定するために生理学的パラメータの値を予測するために、分類器モデルの代わりに回帰モデルを予測器モデルとして使用し得る。ある場合、回帰モデルは、線形回帰モデル、非線形回帰モデル、および多項式回帰モデルのうちの1つであり得る。

10

【0094】

さらに、利得因子が決定されると、特徴選択モジュール114は、利得因子の閾値に基づいて選択されたPPGの特徴を選択することができる。別の場合、特徴選択モジュール114は、PPGの特徴の閾値に基づいてPPGの特徴を選択することができる。たとえば、特徴選択モジュール114が、たとえば、利得因子の閾値未満の小さな値を有する利得因子にPPGの特徴を乗算するとき、PPGの特徴の値が抑制される、すなわち、PPGの特徴の閾値未満になり、そのようなPPGの特徴が破棄され得る。したがって、特徴選択モジュール114は、値が閾値を超えるかまたは利得因子の値が閾値を超えるPPGの特徴に関連するPPGの特徴として選択し得る。一例において、PPGの特徴とグラントゥールス値との間の相関の強さが相関係数によって与えられる間、利得因子は、強さの値を増幅し、相関の強さに基づいて関連するPPGの特徴を選択する便利で正確な方法を提供する。

20

【0095】

上記の説明で、特徴選択モジュール114による関連するサンプルのPPGの特徴の選択は、最高情報係数(MIC: maximal information coefficient)の概念に基づいて説明されたが、特徴選択モジュール114は、その他の技術を使用して関連するサンプルのPPGの特徴を選択してもよい。たとえば、特徴選択モジュール114は、関連するサンプルのPPGの特徴を選択するためにピアソンの積率相関係数(PPMCC)の概念を使用することができる。別の場合、特徴選択モジュール114は、サンプルのPPGの特徴とグラントゥールス値との間の線形または非線形の任意の関係を決定し、それに応じて、関連するサンプルを選択することができる。加えて、一例においては、特徴選択モジュール114は、関連するサンプルの選択のために統計分析ツールを使用することが可能である。たとえば、統計分析ツールは、最大非対称スコア(MAS: maximum asymmetry score)技術、最大エッジ値(MEV: maximum edge value)技術、および最小セル値(MCV: minimum cell value)技術を使用することができる。

30

【0096】

その後、テストモジュール116が、たとえば、抽出されたPPGの特徴の中から事前に選択されたテストセットを使用して、選択された関連する特徴のテストを成し遂げることができる。一実施形態において、テストモジュール116は、関連があるとして選択されたPPGの特徴が正確に選択されるか否かをテストするために、テストセットのPPGの特徴とともに、特徴選択モジュール114によって各PPGの特徴に関して選択された利得係数を使用することができる。一例において、テストモジュール116は、テストセットのPPGの特徴に、トレーニングセットのPPGの特徴に関して決定されたそれぞれの利得因子を乗算し得る。乗算に基づいて、テストモジュール116は、トレーニングセットから選択されたPPGの特徴と同じPPGの特徴がテストセットから関連するPPGの特徴として選択されるかどうかを判定することができる。

40

【0097】

関連するサンプルのPPGの特徴が選択された後、一実施形態においては、モデリングモジュール118が、関連するサンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールス値とに基づいて数学的モデルを決定することができる。理解されるように、そのように

50

決定された数学的モデルは、関連するサンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータとの間の関係を捕捉する。一態様によれば、数学的モデルは、教師あり学習技術を使用して、関連するサンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグラントゥールス値とに基づいて決定され得る。この場合、グラントゥールス値とPPGの特徴との間に直接的な関係が存在しないので、それら2つの間の関係をモデリングするために教師あり学習技術が使用される。一例において、モデリングモジュール118は、回帰に基づく学習技術、サポートベクターマシン(SVM)に基づく学習技術、人工ニューラルネットワーク(ANN)に基づく学習技術、または数学的モデルを決定するための任意のその他のそのような学習技術を使用することができる。

【0098】

10

さらに、上述のように、生理学的パラメータが血圧である一例において、グラントゥールス値は、収縮期血圧および弛緩期血圧の値であってよい。生理学的パラメータが心臓の状態を監視するためのECGの特徴を含む別の例においては、グラントゥールス値は、QRS群、PR間隔、RR間隔、およびQT間隔などのECGの特徴の値であり得る。モデリングモジュール118は、数学的モデルをモデリングデータ128に記憶することができる。別の実施形態によれば、特徴の選択のためにそのままのグラントゥールス値を使用する代わりに、モデリングモジュール118は、グラントゥールス値の組全体を範囲またはビンに分け、ビンに基づいて数学的モデルを決定することが可能である。

【0099】

さらに、数学的モデルは、PPG波形およびPPGの特徴に基づいて生理学的パラメータに関するグラントゥールス値を推定するために使用され得る。

20

【0100】

上記の説明は1人のサンプルの被験者に関して得られるサンプルのPPG波形を用いて与えられているが、別の実施形態においては、モデリングシステム100は、複数のサンプルの被験者に関するサンプルのPPG波形を取得し、上記で説明されたのと同様にして異なるサンプルのPPG波形を使用して数学的モデルを決定することが可能である。そのような場合、数学的モデルが異なるサンプルの被験者に関連するグラントゥールス値およびPPG波形に基づいて決定されるので、数学的モデルの適応性が高く、生理学的パラメータを正確に推定し、監視するために使用され得る。

【0101】

30

一実施形態においては、数学的モデルが生理学的パラメータを推定し、監視するためにさらに展開される前に、モデリングモジュール118が、数学的モデルの精度を確かめることができる。一例において、数学的モデルの精度の検査が、試験環境、たとえば、開発環境に展開されるモデリングシステム100で行われ得る。ある場合、モデリングモジュール118は、生理学的パラメータのグラントゥールス値が知られている被験者に関するPPG波形から得られた1組のPPGの特徴を数学的モデルに与えることができる。そして今度は、数学的モデルが、生理学的パラメータのビン、すなわち、生理学的パラメータの測定された値が存在する値の範囲を推定することができる。さらに、モデリングモジュール118は、推定された生理学的パラメータのビン、数学的モデルが正確か否かを判定するために生理学的パラメータの実際の知られている値と比較することができる。数学的モデルが正確でない場合、モデリングシステム100は、数学的モデルを訓練して数学的モデルの精度を高めるためにさまざまなサンプルの被験者に関するさらなるPPG波形を得る。

40

【0102】

さらに、展開するために、数学的モデルは、試験対象者に関連する生理学的パラメータを監視するための、以降、デバイス134と呼ばれる生理学的パラメータ監視デバイス134と与えられる。その他の例において、数学的モデルは、デバイス134などのハンドヘルドデバイスにインストールされ得るアプリケーション、たとえば、ダウンロード可能なアプリケーションとして提供され得る。さらに、上述のように、生理学的パラメータが血圧である一例において、グラントゥールス値は、収縮期血圧および弛緩期血圧の値であり得る。生理学的パラメータが心臓の状態を監視するためのECGの特徴を含む別の例においては

50

、グランドトゥールズ値は、QRS群、PR間隔、RR間隔、およびQT間隔などのECGの特徴の値であり得る。さらに、一例において、デバイス134は、数学的モデルをデバイス134のモデリングデータ144に記憶することができる。

【0103】

一実施形態においては、展開された数学的モデルを有するデバイス134を使用して生理学的パラメータを監視するために、試験対象者の指または耳たぶなどの体の一部140の映像が、デバイス134のカメラ142を使用して撮影される可能性がある。さらに、デバイス134の監視モジュール146が、たとえば、量子化された色値およびそれらの量子化された色値のピーク周波数に基づいて、サンプリングデバイス132を参照して上記で説明されたのと同様にして映像を処理してテストPPG波形を得ることができる。たとえば、監視モジュール146は、周波数ロック状態が真であると判定される決定窓の中から合計で所定の数のフレームを有する複数の決定窓を取得する可能性がある。一例において、監視モジュール146は、生理学的パラメータを測定するために、一貫性がある決定窓の最後の512フレームを包含する決定窓を選択する。一貫性がある窓からそのようなフレームを選択することは、生理学的パラメータの測定の精度に悪影響を与える可能性があるカメラ138のフラッシュライトの安定化(stabilization)が原因のあらゆる誤りが防止されることを保証する。

【0104】

さらに、監視モジュール146は、選択された決定窓が生理学的パラメータを決定するのに有効であるかどうかを調べるための追加のステップを実行することができる。したがって、一実施形態において、監視モジュール146は、複数の選択された決定窓の各々に関してピーク周波数の検出の検査を実行することができる。一例においては、測定されている生理学的パラメータが心拍数である場合、監視モジュール146が、選択された決定窓のピーク周波数の一貫性を判定するためにピーク周波数の検出の検査を実行することができる。

【0105】

一例において、ピーク周波数の検出の検査は、被験者の脈拍の周期性を示す可能性がある。そして今度は、脈拍の周期性が、生理学的パラメータの測定のために有効に使用され得る映像を示す可能性がある。フレームのうちの1つまたは複数のピーク周波数の検出の検査を通らない場合、監視モジュール146は、分析のための新しい映像を撮影するために被験者にフィードバックを提供することができる。別の実施形態において、監視モジュール146は、フレームがピーク周波数の検出の検査を通らない場合、所定の数のフレームを包含する決定窓の別の組を選択することができる。

【0106】

ピーク周波数の検出の検査を実行した後、監視モジュール146は、テストPPG波形からテストのPPGの特徴を抽出することができる。一例において、テストのPPGの特徴は、サンプルのPPGの特徴と同じである可能性がある。別の場合、監視モジュール146は、処理モジュール110によって事前に決定された関連するサンプルのPPGの特徴に対応するPPGの特徴を抽出することができる。そのような場合、たとえば、モデリングシステム100は、特徴選択データ148に記憶された関連するサンプルのPPGの特徴をサンプリングデバイス132に提供することができる。監視モジュール146は、テストPPG波形からそれらのPPGの特徴を取得することができる。さらに、テストの特徴および数学的モデルに基づいて、監視モジュール146は、生理学的パラメータを推定し、監視することができる。

【0107】

一例においては、生理学的パラメータを監視するために、監視モジュール146は、生理学的パラメータが存在する可能性がある値の範囲を示す生理学的パラメータのピンを推定することができる。したがって、前記例において、監視モジュール146による生理学的パラメータの推定および監視は、定量的な測定ではなく定性的に示すものである可能性がある。そのような場合、監視モジュール146は、生理学的パラメータが存在する値の範囲に基づいて、たとえば、規定された期間にわたって被験者の医学的状態を監視するモードを提供することができる。したがって、一例においては、被験者の医学的状態が、適切な医

療支援が被験者に適時提供され得るように追跡される可能性がある。

【0108】

監視モジュール146が試験対象者に関するBP値を監視する一例において、生理学的パラメータのピンは、「非常に低い」、「低い」、「正常」、「高い」、および「非常に高い」可能性がある。前記例において、監視モジュール146は、拡張期血圧が約50水銀柱ミリメートル(mmHg: millimeters of mercury)未満であるか、または収縮期血圧が約70mmHg未満であるときに「非常に低い」ピンに入る試験対象者のBPレベルを監視する。さらに、試験対象者のBPは、拡張期血圧が約50から65mmHgの範囲内におおよそ存在するか、または収縮期血圧が約70から100mmHgの範囲内におおよそ存在するときに「低い」ピンに入り、拡張期血圧が約65から90mmHgの範囲内におおよそ存在するか、または収縮期血圧が約100から135mmHgの範囲内におおよそ存在するときに「正常」ピンに入る。加えて、試験対象者のBPレベルは、拡張期血圧が約90から100mmHgの範囲内におおよそ存在するか、または収縮期血圧が約135から160mmHgの範囲内におおよそ存在するときに「高い」ピンに入り、拡張期血圧が約100mmHgを超えるか、または収縮期血圧が約160mmHgを超えるときに「非常に高い」ピンに入ると見なされる可能性がある。

10

【0109】

監視モジュール146が生理学的パラメータを監視することの一部としてECGの特徴を推定する別の場合を考える。そのような場合、生理学的パラメータのピンは、やはり、「非常に低い」、「低い」、「正常」、「高い」、および「非常に高い」と呼ばれる可能性がある。一例において、監視モジュール146は、RR間隔が約0.6ミリ秒(ms)未満であるときに試験対象者に関連するECGの特徴が「非常に低い」と判定する可能性があり、ECGの特徴は、PR間隔が約120ms未満であるか、QRS間隔が約60ms未満であるか、QT間隔が約350ms未満であるか、またはRR間隔が約0.6から0.8msの範囲内におおよそあるときに「低い」可能性がある。さらに、前記例において、試験対象者に関するECGの特徴は、PR間隔が約120から200msの範囲内におおよそあるか、QRS間隔が約60から100msの範囲内におおよそあるか、QT間隔が約350～470msの範囲内におおよそあるか、またはRR間隔が約0.8から1秒の範囲内におおよそあるときに「正常」ピン内に入る可能性がある。加えて、試験対象者に関するECGの特徴は、PR間隔が約200msを超えるか、QRS間隔が約100msを超えるか、QT間隔が約470msを超えるか、またはRR間隔が約1から1.2sの範囲内におおよそあるときに「高い」ピン内に入ると判定され、RR間隔が約1.2sを超えるときに「非常に高い」ピン内に入ると判定される。

20

30

【0110】

さらに、生理学的パラメータの推定が生理学的パラメータ監視デバイス134に関して説明されたが、生理学的パラメータの監視は、モデリングシステム100でリアルタイムで実現される可能性もある。そのような場合、数学的モデルを記憶したモデリングシステム100が、テスト映像から抽出されたPPGの特徴を受信し、リアルタイムで生理学的パラメータを推定し、監視することができる。

【0111】

図2、図3、図4、図5、および図6は、本主題の一実施形態による、ハンドヘルドデバイスを使用して被験者の生理学的パラメータを監視するための方法を示す。一例において、方法は、生理学的パラメータを決定するために使用されるモデリングシステム100とハンドヘルドデバイスなどの生理学的パラメータ監視デバイス134とによって実行される。方法は、コンピュータが実行可能な命令の通常文脈で説明される可能性がある。概して、コンピュータが実行可能な命令は、特定の機能を実行するかまたは特定の抽象データ型を実装するルーチン、プログラム、オブジェクト、構成要素、データ構造、手順、モジュール、関数などを含み得る。方法は、通信ネットワークを介してリンクされた遠隔の処理デバイスによって機能が実行される分散コンピューティング環境において実施される可能性もある。分散コンピューティング環境においては、コンピュータが実行可能な命令は、メモリ記憶デバイスを含むローカルのコンピュータ記憶媒体と遠隔のコンピュータ記憶媒体との両方に配置される可能性がある。

40

50

【0112】

方法が説明された順序は、限定と解釈されるように意図されておらず、任意の数の説明された方法のブロックが、それらの方法または代替的な方法を実施するために任意の順序で組み合わせられ得る。加えて、個々のブロックが、本明細書に記載の主題の精神および範囲を逸脱することなく方法から削除され得る。さらに、方法は、任意の好適なハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの組合せで実装され得る。

【0113】

図2、図3、図4、図5、および図6の説明に関して、簡潔にするために、被験者に関連する生理学的パラメータを決定するためのモデリングシステム100と生理学的パラメータ監視デバイス134との構成要素の詳細は、本明細書において検討されない。そのような詳細は、図1を参照して行われた説明において与えられたものと理解され得る。

10

【0114】

図2は、本主題の一実施形態による、生理学的パラメータを監視するために取り込まれた映像の一貫性分析を実行するための方法200を示す。図2を参照すると、ブロック202において、サンプルの被験者の体の一部136の映像が、ハンドヘルドデバイスである可能性があるサンプリングデバイス132のカメラ138を使用して撮影される。一例においては、指先の映像が、指先をカメラ138のレンズに対して配置し、カメラ138のフラッシュライトをオンにすることによって撮影される可能性がある。さらに、カメラ138が30フレーム毎秒のレートで映像を撮影する場合、映像は、約2秒間撮影される可能性がある。

20

【0115】

ブロック204において、それぞれが所定の数のフレームを有する複数の窓が、撮影された映像から取得される。一例においては、各々が64フレームを有する12個の窓が、映像から得られる可能性がある。たとえば、各窓内のフレームの数は、カメラ138の映像記録のレートに基づく可能性がある。さらに、ある場合、映像からの窓は、1つの窓の特定のフレームが隣接する窓の特定のフレームに重なるように取得される可能性がある。たとえば、各窓は、16フレームがすぐ後またはすぐ前の窓の16フレームと重なる64フレームを有する可能性がある。理解されるように、隣接するという用語は、時間領域の文脈で使用される。

【0116】

ブロック206において、複数の窓内の各フレームに関する少なくとも1つの量子化された色値が、色モデルに関して決定される可能性がある。したがって、色モデルが赤緑青(RGB)色モデルである場合、量子化された色値は、赤色、青色、もしくは緑色成分、またはそれらの組合せのうちのいずれか1つの平均値である可能性がある。別の例においては、色モデルが色相-彩度-明度(HSV)モデルである場合、量子化された色値は、色モデルの色相、彩度、もしくは明度成分、またはそれらの組合せのうちのいずれか1つの平均値である可能性がある。

30

【0117】

ブロック208において、各フレームに関する量子化された色値が量子化された色値の所定の範囲を超えているかどうか判定される。1つまたは複数のフレームに関する量子化された色値が値の所定の範囲内にある場合(ブロック208からの「No」の分岐)、そのことは、撮影されたフレームが生理学的パラメータを決定するために役立たないことを示す。したがって、たとえば、サンプリングデバイス132のスクリーン上のポップアップメッセージの形式のフィードバックが、カメラ138に対して体の一部136を再配置するかまたはその逆を行うためにサンプルの被験者に与えられる可能性があり、新しい映像が、ブロック202で説明されたように撮影される可能性がある。

40

【0118】

しかしながら、各フレームに関する量子化された色値が値の所定の範囲外にある場合(ブロック208からの「Yes」の分岐)、ブロック210において、一貫性分析が、映像の一貫性を判定するために、複数の窓から選択された窓の組に対して実行される。一例においては、フレームの量子化された値が所定の範囲内にある複数の窓からの窓が、一貫性分析のた

50

めに取得され、決定窓と呼ばれる。そのような窓の一貫性分析が、図3を参照して詳細に説明される。

【0119】

ブロック212において、決定窓の各々が一貫性があるかどうか、すなわち、映像に一貫性があるかどうかが判定される。ブロック212において、映像に一貫性がないと判定される場合(ブロック212からの「No」の分岐)、ブロック202で説明されたように、別の映像を撮影するためにサンプルの被験者にフィードバックとして通知が与えられる可能性がある。

【0120】

さらに、映像に一貫性があると判定される場合(ブロック212からの「Yes」の分岐)、被験者の生理学的パラメータが決定され得る。したがって、ブロック214において、所定の数の選択されたフレームを包含する複数の決定窓が、決定窓の中から選択される。生理学的パラメータを決定するために選択されたそのような決定窓は、選択された決定窓と呼ばれる。

10

【0121】

加えて、ブロック216において、ピーク周波数の検出の検査が、選択された決定窓の各々に関して実行される。一例においては、測定されている生理学的パラメータが心拍数である場合、ピーク周波数の検出の検査は、ピーク周波数の一貫性に関して選択された決定窓を調べるために実行される。ピーク周波数の検出の検査は、映像の選択された決定窓が生理学的パラメータを決定するために使用され得るか否かを判定するためにブロック216で実行される可能性がある。一例において、ピーク周波数の検出の検査は、サンプルの被験者の脈拍の周期性を示す可能性がある。

20

【0122】

したがって、ブロック218において、選択された決定窓の各々がピーク周波数の検出の検査を通るか否かが判定される。選択された決定窓のうちの1つまたは複数のピーク周波数の検出の検査を通らない場合(ブロック218からの「No」の分岐)、サンプルの被験者がブロック202に関して説明されたように別の映像を撮影するためにハンドヘルドデバイスで通知またはポップアップメッセージが与えられる可能性がある。別の実施形態においては、所定の数のフレームを包含する決定窓の別の組が、生理学的パラメータを決定するためにブロック214で選択される可能性がある。

30

【0123】

一方、選択された決定窓がピーク周波数の検出の検査を通る場合(ブロック218からの「Yes」の分岐)、ブロック220において、サンプルのPPG波形が、サンプルの被験者に関して取得される。一実施形態においては、各選択された決定窓に関するサンプルのPPG波形が、選択された決定窓によって包含されるフレームの量子化された色値に高速フーリエ変換(FFT)を適用することによって突き止められ得る。別の実施形態においては、各選択された決定窓に関するサンプルのPPG波形が、選択された決定窓によって包含されるフレームの量子化された色値に短時間フーリエ変換(STFT)を適用することによって突き止められ得る。

【0124】

図3は、本主題の一実施形態による、生理学的パラメータを決定するために、ハンドヘルドデバイスを使用した映像の取込みの一貫性を分析するための方法300を示す。理解されるように、方法300は、図2のブロック210を詳細に説明する。

40

【0125】

上述のように、一貫性分析が、サンプルのPPG波形、たとえば、映像から取得されたサンプルのPPG波形の色の量子化された値のピーク周波数に基づいて実行される。したがって、ブロック302において、短時間フーリエ変換(STFT)が、たとえば、一貫性分析のためのサンプルのPPG波形およびサンプルのPPG波形のピーク周波数を決定するために決定窓の各フレームの量子化された色値に適用される可能性がある。一例において、一貫性分析は、所定の数の決定窓が取得されたときに始まる。

50

【 0 1 2 6 】

ブロック304において、時間領域のピーク周波数の位置が、それぞれの窓内の各フレームに関してブロック302で決定されたピーク周波数に基づいて各決定窓に関して決定される。

【 0 1 2 7 】

さらに、ブロック306において、決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフトが決定される。決定窓にわたるピーク周波数に関する周波数ドリフトは、各窓のピーク周波数の位置が安定しているか否かを示す可能性がある。一例において、決定窓にわたる周波数ドリフトは、すべての決定窓に関して、1つの窓のピーク周波数の位置をあらゆるその他の窓のピーク周波数の位置と比較することによって決定され得る。

10

【 0 1 2 8 】

その後、決定窓が、映像の一貫性を決定するために周波数ドリフトに基づいて分析される。したがって、ブロック308において、決定された周波数ドリフトが、決定窓にわたる周波数ドリフトが閾値の周波数ドリフトを超えているか否かを判定するために閾値の周波数ドリフトと比較される。一例においては、上述のように、閾値の周波数ドリフトの比較は、決定窓の各対に関して決定された周波数ドリフトに対して行われる可能性がある。

【 0 1 2 9 】

周波数ドリフトが閾値を超えている場合(ブロック308からの「Yes」の分岐)、そのことは、決定窓およびしたがって映像に一貫性がないことを示す。したがって、ブロック310において、生理学的パラメータを決定するための新しい映像を撮影するためにサンプルの被験者にフィードバックが与えられる可能性がある。周波数ドリフトが閾値の周波数ドリフト未満である場合(ブロック308からの「No」の分岐)、映像の一貫性を判定するために別の検査が実行される可能性がある。

20

【 0 1 3 0 】

別の検査のために、ブロック312において、決定窓内の各フレームに関する量子化された色値の信号振幅、たとえば、量子化された色値の振幅が決定される。さらに、ブロック314において、決定窓の各フレームに関する信号振幅が、閾値の信号振幅と比較される。決定窓の1つまたは複数のフレームに関する信号振幅が閾値の信号振幅未満である場合(ブロック314からの「No」の分岐)、そのことは、映像に一貫性がないことを示し、その後、ブロック310において、新しい映像を撮影するためにサンプルの被験者にフィードバックが与えられる可能性がある。

30

【 0 1 3 1 】

しかしながら、決定窓内の各フレームに関する信号振幅が閾値の信号振幅を超える場合(ブロック314からの「Yes」の分岐)、そのことは、生理学的パラメータを決定するための映像の一貫性を示す。したがって、ブロック314から、所定の数の選択されたフレームを包含する複数の決定窓が、ブロック214の決定窓の中から選択される。

【 0 1 3 2 】

図4は、本主題の一実施形態による、試験対象者に関連する生理学的パラメータを監視するための数学的モデルを決定するための方法400を示す。理解されるように、方法400は、図2のブロック220の後に続く。

40

【 0 1 3 3 】

図4を参照すると、ブロック402において、サンプルの被験者に関連するサンプルのPPGの特徴が、図2のブロック220で取得されたサンプルのPPG波形から抽出される。一例において、サンプルのPPGの特徴は、1組の時間領域の特徴、もしくは1組の周波数領域の特徴、またはそれら両方を含む可能性がある。たとえば、1組の時間領域の特徴は、サンプルのPPG波形のピーキング周波数に関するピーク間時間間隔、パルス間隔、サンプルのPPG波形がピーキング周波数に達するためにかかる時間を示す隆起時間、弛緩期時間、パルスの高さ、およびサンプルのPPG波形の下領域を含む可能性がある。前記例において、サンプルのPPGの特徴は、時間領域で抽出される可能性がある。別の例においては、サンプルのPPGの特徴は、周波数領域で抽出される可能性がある。代替的にまたは追加的に、サン

50

ブルの被験者に関連する身体的特徴も、サンプルのPPGの特徴として考慮される可能性がある。たとえば、身体的特徴は、被験者の体重、被験者の身長、被験者の年齢、およびサンプルの被験者に関連するその他のそのような身体的特徴を含み得る。

【0134】

ブロック404において、1つまたは複数の関連するサンプルのPPGの特徴が、サンプルのPPGの特徴から選択される。関連するPPGの特徴は、PPGの特徴に対する生理学的パラメータの影響およびその逆に基づいて選択され得る。加えて、一例においては、サンプルの被験者に関連する少なくとも1つの生理学的パラメータのグランドトゥールース値が、関連するサンプルのPPGの特徴を選択するために考慮される可能性もある。グランドトゥールース値は、監視されるべき生理学的パラメータの実際の知られている値として理解され得る。生理学的パラメータが血圧である一例において、グランドトゥールース値は、収縮期血圧および弛緩期血圧の値である可能性がある。監視されている生理学的パラメータが心臓の状態を監視するためのECGの特徴を含む別の例においては、グランドトゥールース値は、QRS群、PR間隔、RR間隔、およびQT間隔などのECGの特徴の値である可能性がある。

10

【0135】

ブロック406において、各生理学的パラメータに関する数学的モデルが、関連するサンプルのPPGの特徴とその生理学的パラメータに関するグランドトゥールース値とに基づいて決定される。数学的モデルは、関連するサンプルのPPGの特徴とグランドトゥールース値との間の相関を示す。さらに、一例において、数学的モデルは、教師あり学習技術を用いて決定され得る。たとえば、教師あり学習技術は、回帰に基づく学習技術、サポートベクターマシン(SVM)に基づく学習技術、および人工ニューラルネットワーク(ANN)に基づく学習技術を含み得る。

20

【0136】

ブロック408において、数学的モデルが、たとえば、生理学的パラメータを推定し、監視する精度に関して調べられる。一例において、数学的モデルは、生理学的パラメータのピンを推定するために試験環境で使用され得る。生理学的パラメータのピンは、生理学的パラメータの測定された値が存在する値の範囲を示す。推定された生理学的パラメータのピンは、数学的モデルが正確か否かを判定するために生理学的パラメータの実際の知られている値と比較され得る。数学的モデルが正確ではない場合、数学的モデルの訓練が、精度を高めるために成し遂げられ得る。

30

【0137】

ブロック410において、数学的モデルが、精度の検査を通った後、たとえば、生理学的パラメータ監視デバイス134に配置するために提供される。

【0138】

図5は、本主題の一実施形態による、サンプルのPPGの特徴から関連するサンプルのPPGの特徴を選択するための方法500を示す。理解されるように、方法500は、図4のブロック404を詳細に説明し、図4のブロック402からの続きである。

【0139】

図5を参照すると、ブロック502において、雑音が多く誤ったサンプルのPPGの特徴が、抽出されたサンプルのPPGの特徴から削除され得る。

40

【0140】

ブロック504において、抽出されたサンプルのPPGの特徴の組全体が、1つまたは複数のトレーニングセットおよびテストセットに分割され得る。一例においては、関連するサンプルのPPGの特徴が、トレーニングセットから抽出されてよく、一方、テストセットは、選択されたサンプルのPPGの特徴の関連性と選択の精度とを判定するために使用されることが可能である。

【0141】

ブロック506において、サンプルのPPGの特徴およびグランドトゥールース値に基づき、トレーニングセットの複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する相関係数を決定され得る。相関係数は、サンプルのPPGの特徴と生理学的パラメータのグランドトゥールース値との

50

間の関係を捕捉することができる。一例においては、相関係数は、最大情報係数(MIC)値であってよく、MIC技術に基づいて決定され得る。

【0142】

ブロック508において、複数のサンプルのPPGの特徴の各々に関する利得因子が、相関係数および利得関数に基づいて決定され得る。一例においては、利得関数は、シグモイド利得関数であってよい。さらに、利得因子は、利得関数の傾斜定数の選択に基づいて選択され得る。前記実施形態においては、利得関数の最適値が、利得関数の傾斜の最適値に基づいて決定され得る。

【0143】

ブロック510において、最適な利得因子が、上記で決定されたシグモイド利得関数に関連するパラメータを調整することによって各サンプルのPPGの特徴に対して決定される。一例においては、k分割交差検証(k-fold cross validation)技術が、最適な利得関数を決定するために使用され得る。前記技術によれば、一例においては、トレーニングデータセットは、傾斜定数mの値を調整することによって、すなわち、分類器モデルを使用して傾斜定数mの異なる値に基づいてサンプルのPPGの特徴を決定するために使用され得る。一例においては、分類器モデルは、サポートベクターマシン(SVM)に基づくモデルおよび適応ニューラルネットワーク(ANN)に基づくモデルのうちの1つであり得る。別の例においては、分類器モデルは、回帰モデルであってよい。

【0144】

前記実施形態においては、決定されたサンプルのPPGの特徴の精度に基づいて、利得関数の値が決定され得る。前記例においては、決定されたサンプルのPPGの特徴が、サンプルのPPGの特徴を決定する精度を判定するために、知られているグラントゥールス値と比較され得る。さらに、正確に決定されたPPGの特徴に関する利得因子が、最適な利得因子として選択され得る。別の例においては、正確に決定されたサンプルのPPGの特徴に基づいて、傾斜定数mの最適値が決定され得る。そのような場合、傾斜定数mの最適値に基づいて、利得因子の値が、利得因子 G_n に関する式から決定され得る。

【0145】

ブロック512において、各サンプルのPPGの特徴が、関連するサンプルのPPGの特徴の選択を実行するためにそれぞれの最適な利得因子と乗算される。

【0146】

ブロック514において、関連するサンプルのPPGの特徴が、各サンプルのPPGの特徴との最適な利得因子の積に基づいて、抽出された特徴から選択され得る。一例においては、サンプルのPPGの特徴は、利得因子の閾値に基づいて選択され得る。別の場合、サンプルのPPGの特徴は、PPGの特徴の閾値に基づいて選択され得る。上記どちらの場合においても、サンプルのPPGの特徴がたとえば利得因子の閾値未満の小さな値を有する利得因子に乗算されるとき、サンプルのPPGの特徴の値は抑制され、すなわち、サンプルのPPGの特徴の閾値未満になり、そのようなサンプルのPPGの特徴は破棄され得る。したがって、値が閾値を超えるかまたは利得因子の値が閾値を超えるサンプルのPPGの特徴は、関連するサンプルのPPGの特徴として選択され得る。一例においては、利得因子とのサンプルのPPGの特徴の積の閾値は、約0.001であり得る。

【0147】

ブロック516において、選択された関連するサンプルの特徴のテストが、たとえば、利得因子およびグラントゥールス値に基づいて、抽出されたサンプルのPPGの特徴の中から事前に選択されたテストセットを使用して実行され得る。一実施形態においては、各サンプルのPPGの特徴に関して選択された利得因子が、利得因子に基づいて関連すると選択されたサンプルのPPGの特徴が正確に選択されるか否かをテストするためにテストセットのサンプルのPPGの特徴とともに使用される。一例においては、テストセットのサンプルのPPGの特徴は、トレーニングセットに関して決定されたそれぞれの利得因子と乗算され得る。乗算に基づいて、トレーニングセットから選択されたPPGの特徴と同じサンプルのPPGの特徴がテストセットから関連するサンプルのPPGの特徴として選択されるかどうか判定

10

20

30

40

50

され得る。

【0148】

図6は、本主題の一実施形態による、生理学的パラメータ監視デバイス134を使用して試験対象者に関連する生理学的パラメータを監視するための方法600を示す。理解されるように、方法600は、図4のブロック410の後に続く。

【0149】

図6を参照すると、ブロック602において、少なくとも1つの試験対象者の体の一部140の映像が、生理学的パラメータ監視デバイス134のカメラ142によって撮影される。一例においては、指先または耳たぶの映像が、指先または耳たぶをカメラ142のレンズに対して配置し、カメラ142のフラッシュライトをオンにすることによって撮影され得る。

10

【0150】

ブロック604において、映像が、映像からテストフォトプレチスモグラフィ (PPG) 波形を決定するために処理される。一例において、テストPPG波形は、ブロック402で、図4を参照してサンプルのPPG波形を得ることにに関して説明されたのと同様にして映像から得られる。

【0151】

ブロック606において、関連するテストのPPGの特徴は、テストPPG波形から抽出される。一例において、関連するテストのPPGの特徴は、関連するサンプルのPPGの特徴と同じであり得る。別の場合、関連するサンプルのPPGの特徴に対応するPPGの特徴が、抽出され得る。

20

【0152】

ブロック608において、生理学的パラメータのうちの少なくとも1つが、少なくとも1つの生理学的パラメータに対応する抽出された関連するテストのPPGの特徴および数学的モデルに基づいて推定され、監視される。一例において、生理学的パラメータの測定された値が存在する値の範囲を示す生理学的パラメータのビンが、生理学的パラメータに関して推定され得る。したがって、前記例において、数学的モデルに基づいて行われる推定は、定量的な測定ではなく定性的に示すものであり得る。

【0153】

ハンドヘルドデバイスを使用して被験者の生理学的パラメータを監視するための方法およびシステムに関する実装について説明されているが、本主題は説明された特定の特徴または方法に必ずしも限定されないことを理解されたい。むしろ、特定の特徴および方法は、ハンドヘルドデバイスを使用して被験者の生理学的パラメータを監視するための実装として開示されている。

30

【符号の説明】

【0154】

- 100 モデリングシステム
- 102 プロセッサ
- 104 メモリ
- 106 モジュール
- 108 データ
- 110 処理モジュール
- 112 一貫性分析モジュール
- 114 特徴選択モジュール
- 116 テストモジュール
- 118 モデリングモジュール
- 120 その他のモジュール
- 122 処理データ
- 124 一貫性分析データ
- 126 特徴データ
- 128 モデリングデータ

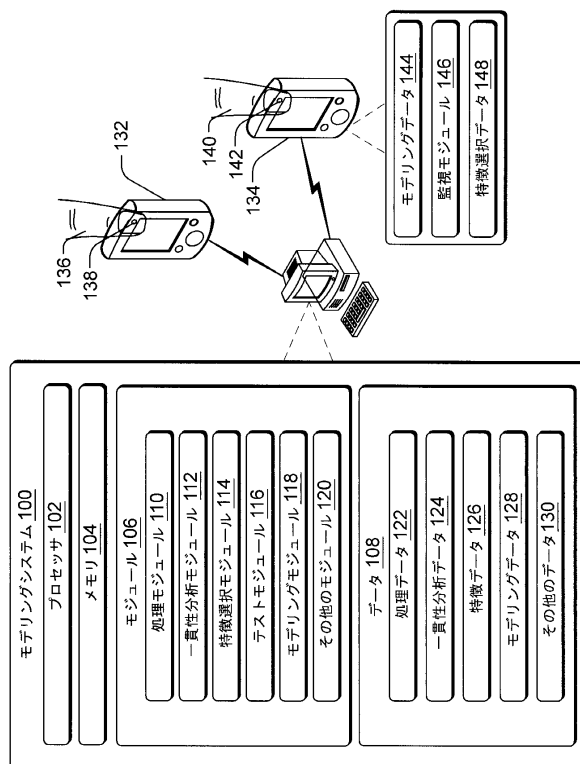
40

50

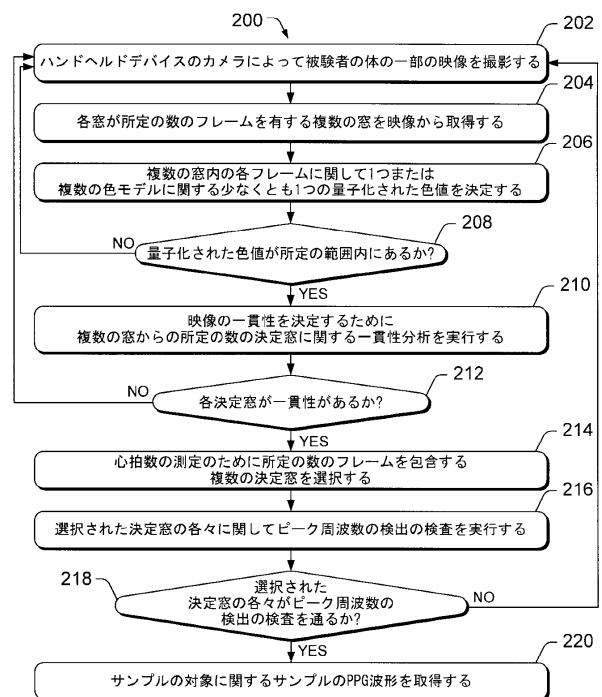
- 130 その他のデータ
- 132 サンプルングデバイス
- 134 生理学的パラメータ監視デバイス
- 136 体の一部
- 138 カメラ
- 140 体の一部
- 142 カメラ
- 144 モデリングデータ
- 146 監視モジュール
- 148 特徴選択データ

10

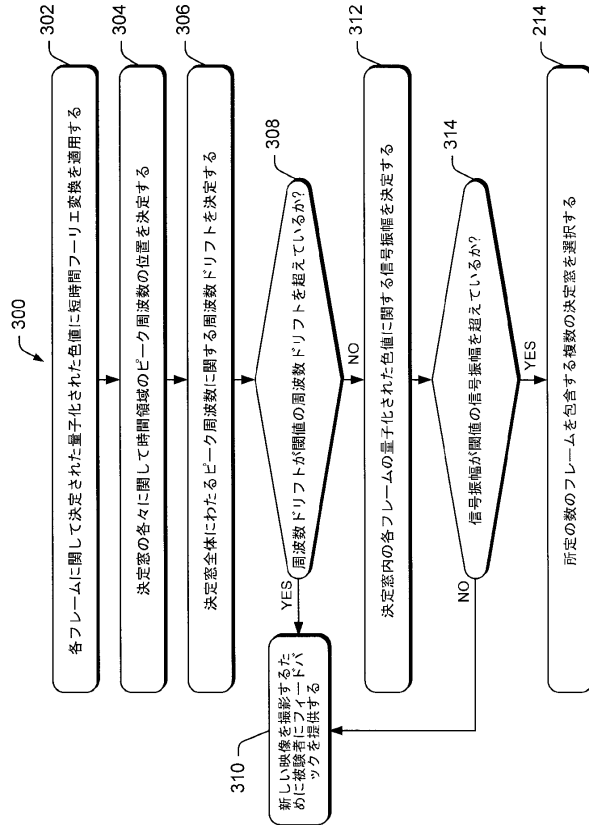
【図 1】



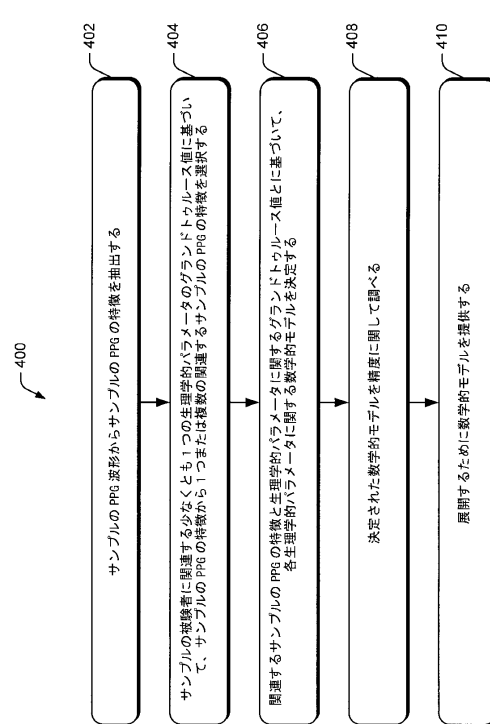
【図 2】



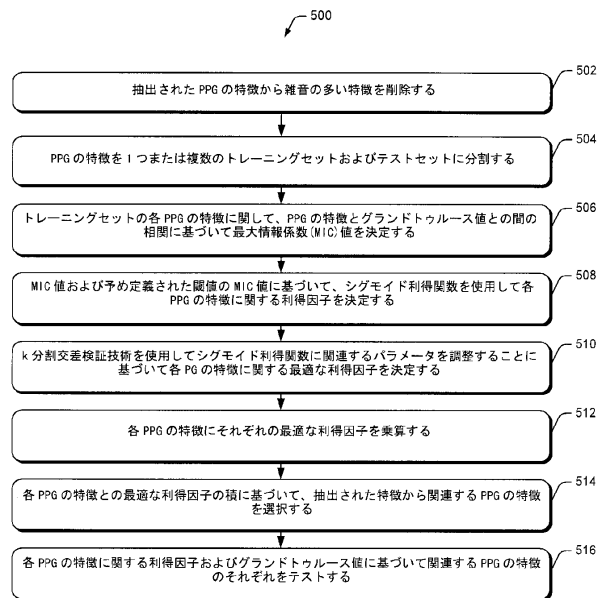
【図 3】



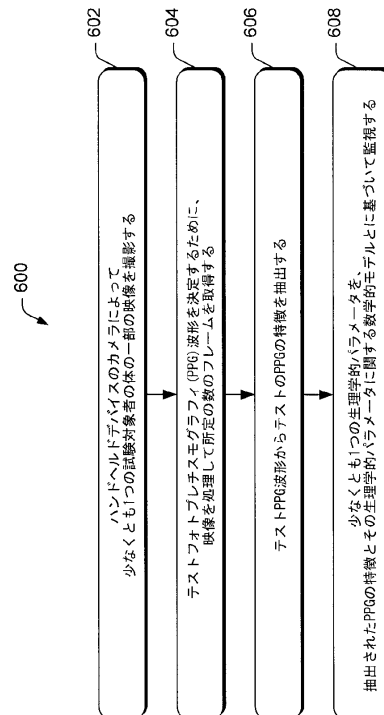
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/02 3 1 0 A

(72)発明者 アイシュワルヤ・ヴィスヴァナタン

インド・パンガロール - 5 6 0 0 6 6 ・ ホワイトフィールド・イーピーアイピー・ゾーン・ティー
シーエス・アピラシュ・ソフトウェア・デヴェロップメント・パーク・プロット・9 6 ・ タタ・コ
ンサルタンシー・サーヴィシズ

(72)発明者 アニルッダ・シンハ

インド・ウエスト・ベンガル - 7 0 0 0 9 1 ・ コルカタ・ソルト・レイク・エレクトロニクス・コ
ンプレックス・ブロック・ジーピー・セクター・ヴィ・エム2・アンド・エヌ2・プロット・エー
2 ・ タタ・コンサルタンシー・サーヴィシズ

(72)発明者 アルパン・バル

インド・ウエスト・ベンガル - 7 0 0 0 9 1 ・ コルカタ・ソルト・レイク・エレクトロニクス・コ
ンプレックス・ブロック・ジーピー・セクター・ヴィ・エム2・アンド・エヌ2・プロット・エー
2 ・ タタ・コンサルタンシー・サーヴィシズ

(72)発明者 アニルバン・ドゥッタ・チョウドゥリー

インド・ウエスト・ベンガル - 7 0 0 0 9 1 ・ コルカタ・ソルト・レイク・エレクトロニクス・コ
ンプレックス・ブロック・ジーピー・セクター・ヴィ・エム2・アンド・エヌ2・プロット・エー
2 ・ タタ・コンサルタンシー・サーヴィシズ

(72)発明者 タヌシャム・チャットパダイ

インド・ウエスト・ベンガル - 7 0 0 0 9 1 ・ コルカタ・ソルト・レイク・エレクトロニクス・コ
ンプレックス・ブロック・ジーピー・セクター・ヴィ・エム2・アンド・エヌ2・プロット・エー
2 ・ タタ・コンサルタンシー・サーヴィシズ

(72)発明者 ローハン・パネルジー

インド・ウエスト・ベンガル - 7 0 0 1 5 6 ・ コルカタ・ラジャーハット・ニュー・タウン・エコ
スペース・プロット・アイアイエフ / 1 2 ・ ビルディング・1 ビー

(72)発明者 アヌラグ・クマール

インド・ハリヤナ・グルガオン・サイ・クン・ニュー・パラム・ヴィハー・フェイズ - 3 ・ ビー -
1 9 4

審査官 高松 大

(56)参考文献 米国特許出願公開第2 0 1 1 / 0 1 9 0 5 9 8 (U S , A 1)

米国特許第6 5 4 0 6 8 6 (U S , B 2)

F. P. Wieringa, "Contactless Multiple Wavelength Photoplethysmographic Imaging: A Fir
st Step Toward "SpO2 Camera" Technology", Annals of Biomedical engineering, 米国, B
iomedical Engineering Society, 2 0 0 5 年 8 月, Vol. 33, No. 8, p. 1034-1041

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

A 6 1 B 5 / 0 0

A 6 1 B 5 / 0 2

A 6 1 B 5 / 1 4 5 5

A 6 1 B 1 0 / 0 0

专利名称(译)	监测生理参数		
公开(公告)号	JP6435128B2	公开(公告)日	2018-12-05
申请号	JP2014153319	申请日	2014-07-28
申请(专利权)人(译)	塔塔咨询Savishizu有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	塔塔咨询Savishizu有限公司		
[标]发明人	アイシュワルヤヴィスヴァナタン アニルッダシンハ アルパンパル アニルバンドウッタチョウドウリー タヌシャムチャットパダイ ローハンパネルジー アヌラグクマール		
发明人	アイシュワルヤ・ヴィスヴァナタン アニルッダ・シンハ アルパン・パル アニルバン・ドウッタ・チョウドウリー タヌシャム・チャットパダイ ローハン・パネルジー アヌラグ・クマール		
IPC分类号	A61B5/00 A61B10/00 A61B5/1455 A61B5/02		
CPC分类号	A61B5/0059 A61B5/0205 A61B5/021 A61B5/02416 A61B5/02438 A61B5/04028 A61B5/08 A61B5/14551 A61B5/6898 A61B5/7267 A61B2505/07 G16H50/70		
FI分类号	A61B5/00.L A61B5/00.ZDM A61B10/00.E A61B5/00.102.C A61B5/1455 A61B5/02.310.A A61B5/14.322		
F-TERM分类号	4C017/AA08 4C017/AA10 4C017/AA14 4C038/KK04 4C038/KL05 4C038/KL07 4C038/KX04 4C038/SS08 4C117/XA01 4C117/XB01 4C117/XC11 4C117/XE13 4C117/XE15 4C117/XE26 4C117/XE33		
代理人(译)	村山彦 渡边 隆		
优先权	2489MUM2013 2013-07-26 IN 3152MUM2013 2013-10-03 IN 1540MUM2014 2014-05-02 IN		
其他公开文献	JP2015027459A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

(经修改) A , 使用手持设备提供了用于监视与所述对象相关联的生理参数的方法。 它包括 : 获得所述A样本多个具有从所述主体的身体 (PPG) 的图像的一部分的受试者的样本相关联的光体积描记术的样品的特性。之间的多个PPG的样品的特性 , 基于与所述对象的生理参数 , 其中与所述生理参数的PPG的至少一个相关联的样本被选择的地面真值。此外 , 基于地面真值的特征和PPG的至少一个相关联的样本的生理参数 , 示出了特征和相关的样本的PPG的生理参数之间的相关性的数学模型确定。数学模型可以部署到实时监控生理参数。 点域4

(51) Int. Cl.		F 1	
A 6 1 B	5/00	(2006. 01)	A 6 1 B 5/00 L
A 6 1 B	10/00	(2006. 01)	A 6 1 B 5/00 Z DM
A 6 1 B	5/1455	(2006. 01)	A 6 1 B 10/00 E
A 6 1 B	5/02	(2006. 01)	A 6 1 B 5/00 1 O 2 C
			A 6 1 B 5/1455
		請求項の数 47	外国語出願 (全 35 頁) 最終頁に続く
(21) 出願番号	特願2014-153319 (P2014-153319)	(73) 特許権者	512070816
(22) 出願日	平成26年7月28日 (2014. 7. 28)		タタ・コンサルタンシー・サーヴィシズ・
(65) 公開番号	特開2015-27459 (P2015-27459A)		リミテッド
(43) 公開日	平成27年2月12日 (2015. 2. 12)		インド・マハーラーシュトラ・4 0 0 0 2
審査請求日	平成29年5月10日 (2017. 5. 10)		1・ムンバイ・ナリマン・ポイント・(番
(31) 優先権主張番号	2489/MUM/2013		地なし)・ナイマル・ビルディング・ナイ
(32) 優先日	平成25年7月26日 (2013. 7. 26)		ンス・フロア
(33) 優先権主張国	インド (IN)	(74) 代理人	100108453
(31) 優先権主張番号	3152/MUM/2013		弁理士 村山 靖彦
(32) 優先日	平成25年10月3日 (2013. 10. 3)	(74) 代理人	100064908
(33) 優先権主張国	インド (IN)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	1540/MUM/2014	(74) 代理人	100089037
(32) 優先日	平成26年5月2日 (2014. 5. 2)		弁理士 渡邊 隆
(33) 優先権主張国	インド (IN)	(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 生理学的パラメータの監視