

(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2017-158715
(P2017-158715A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/16 (2006.01)	A 6 1 B 5/16	4 C 0 1 7
A 6 1 B 5/0245 (2006.01)	A 6 1 B 5/02 7 1 0 C	4 C 0 3 8
A 6 1 B 5/02 (2006.01)	A 6 1 B 5/02 3 1 0 Z	
A 6 1 B 5/18 (2006.01)	A 6 1 B 5/18	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2016-44714 (P2016-44714)	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成28年3月8日(2016.3.8)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100192636 弁理士 加藤 隆夫
		(72) 発明者	佐野 聡 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眠気判定プログラム、眠気判定装置及び眠気判定方法

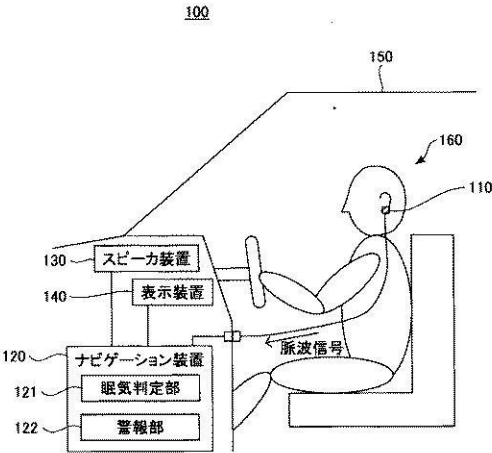
(57) 【要約】

【課題】 眠気を判定する判定精度を向上させる。

【解決手段】 眠気判定プログラムは、脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第1の血压性成分を抽出し、前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第2の血压性成分を抽出し、前記第1の血压性成分と前記第2の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する、処理をコンピュータに実行させる。

【選択図】 図1

眠気判定システムの一例を示す第1の図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第 1 の血压性成分を抽出し、

前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第 2 の血压性成分を抽出し、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する、

処理をコンピュータに実行させる眠気判定プログラム。

【請求項 2】

前記脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析し、前記第 1 の血压性成分よりも周波数の高い呼吸性成分を抽出し、

前記抽出した呼吸性成分に応じた眠気度を算出し、

前記算出した眠気度が所定の閾値以上であると判定した場合に、警報出力する、

処理を前記コンピュータに実行させ、

前記算出した眠気度が所定の閾値未満であると判定した場合であっても、前記被検者が眠気に抵抗している状態であると判定した場合には、警報出力することを特徴とする請求項 1 に記載の眠気判定プログラム。

【請求項 3】

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第 1 の血压性成分を抽出する第 1 の抽出手段と、

前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第 2 の血压性成分を抽出する第 2 の抽出手段と、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する判定手段と

を有することを特徴とする眠気判定装置。

【請求項 4】

コンピュータが、

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第 1 の血压性成分を抽出し、

前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第 2 の血压性成分を抽出し、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する、

処理を実行することを特徴とする眠気判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眠気判定プログラム、眠気判定装置及び眠気判定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、運転中のドライバから脈波信号を検出し、心拍ゆらぎ解析を行うことで算出した眠気度に基づいて、ドライバが眠気を催している状態か否かを判定する眠気判定装置が知られている。眠気判定装置では、例えば、検出した脈波信号について心拍ゆらぎ解析を行うことで R S A (Respiratory Sinus Arrhythmia: 呼吸性変動) 成分を抽出し、抽出した R S A 成分を用いてドライバの眠気度を算出する。また、眠気判定装置では、算出した眠気度が所定の閾値以上であると判定した場合に、ドライバが眠気を催している状態であると判定し、警報出力を行う。これにより、運転中のドライバの状態を、眠気を催している状態から覚醒状態へと改善する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2015-80624号公報

【特許文献2】特開平2-277435号公報

【特許文献3】特開2010-12100号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、RSA成分を用いて眠気度を算出する方法の場合、眠気度が低いと判定されるケースの中には、ドライバが眠気に抵抗している状態（覚醒努力状態）が含まれることがある。RSA成分を用いて算出する眠気度の場合、覚醒努力状態と通常の覚醒状態とを区別することができないからである。

10

【0005】

このため、覚醒努力状態であれば、本来、眠気を催している状態であると判定して警報出力が行われるべきところ、従来の眠気判定装置では、算出した眠気度が低いことでドライバの状態が覚醒状態であると誤判定する可能性があった。この結果、警報出力が行われず、覚醒努力状態から覚醒状態へとドライバの状態が改善されることなく、運転が継続されてしまう可能性があった。

【0006】

一つの側面では、眠気を判定する判定精度を向上させることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

一態様によれば、眠気判定プログラムは、

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第1の血压性成分を抽出し、

前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第2の血压性成分を抽出し、

前記第1の血压性成分と前記第2の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する処理をコンピュータに実行させる。

【発明の効果】

30

【0008】

眠気を判定する判定精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】眠気判定システムの一例を示す第1の図である。

【図2】眠気判定装置の一例であるナビゲーション装置のハードウェア構成を示す図である。

【図3】眠気判定装置の一例であるナビゲーション装置の眠気判定部の機能構成を示す図である。

【図4】間隔解析部の機能を説明するための図である。

40

【図5】振幅解析部の機能を説明するための図である。

【図6】眠気度算出部の機能を説明するための図である。

【図7】覚醒努力解析部の機能を説明するための図である。

【図8】覚醒水準解析部の機能を説明するための図である。

【図9】覚醒努力状態判定部の機能を説明するための図である。

【図10】眠気判定処理のフローチャートである。

【図11】眠気度算出処理のフローチャートである。

【図12】覚醒努力状態判定処理のフローチャートである。

【図13】眠気判定システムの一例を示す第2の図である。

【図14】眠気判定システムの一例を示す第3の図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0010】**

以下、各実施形態について添付の図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

【0011】**〔第1の実施形態〕**

はじめに、第1の実施形態における眠気判定装置を含む眠気判定システムについて説明する。図1は、眠気判定システムの一例を示す第1の図である。

【0012】

図1に示すように、眠気判定システム100は車両150に搭載されており、脈拍センサ110と、ナビゲーション装置120と、スピーカ装置130と、表示装置140とを有する。

【0013】

脈拍センサ110は、車両150を運転するドライバ160の耳たぶにおいて、心拍（脈波）を検出し、心拍データ（脈波信号）を出力するセンサである。脈拍センサ110より出力された脈波信号は、ナビゲーション装置120に入力される。つまり、車両150を運転するドライバ160は、運転中、脈拍センサ110によって脈波の検出が行われる被検者となる。

【0014】

ナビゲーション装置120は、眠気判定装置の一例である。ナビゲーション装置120には、眠気判定プログラムと警報プログラムとがインストールされており、これらのプログラムが実行されることで、ナビゲーション装置120は、眠気判定部121及び警報部122として機能する。

【0015】

スピーカ装置130は、ナビゲーション装置120に接続され、例えば、ナビゲーション装置120の警報部122から出力された警報情報を音声出力する。また、表示装置140は、ナビゲーション装置120に接続され、例えば、ナビゲーション装置120の警報部122から出力された警報情報を表示出力する。スピーカ装置130より警報情報を音声出力することにより、あるいは、表示装置140より警報情報を表示出力することにより、ドライバ160の覚醒度を上げ、ドライバ160の状態を、眠気を催している状態から覚醒状態へと改善することができる。

【0016】

なお、表示装置140は、ドライバ160からナビゲーション装置120に対する操作を受け付ける操作部としても機能し、表示装置140がドライバ160より受け付けた操作指示は、ナビゲーション装置120に入力される。

【0017】

次に、ナビゲーション装置120のハードウェア構成について説明する。図2は、眠気判定装置の一例であるナビゲーション装置のハードウェア構成を示す図である。なお、図2では、ナビゲーション装置120が有するハードウェアのうち、特に、眠気判定部121及び警報部122として機能する際に関連するハードウェアについて示している。

【0018】

図2に示すように、ナビゲーション装置120は、CPU（Central Processing Unit）201、ROM（Read Only Memory）202、RAM（Random Access Memory）203を有する。また、ナビゲーション装置120は、補助記憶装置204、接続装置205、ドライブ装置206を有する。なお、これらのハードウェアは、バス207を介して相互に接続されている。

【0019】

CPU201は、補助記憶装置204に格納された各種プログラム（例えば、眠気判定プログラム、警報プログラム等）を実行するコンピュータである。

10

20

30

40

50

【0020】

ROM 202は不揮発性メモリである。ROM 202は、補助記憶装置204に格納された各種プログラムをCPU 201が実行するために必要な各種プログラム、データ等を格納する主記憶部として機能する。具体的には、ROM 202は、BIOS (Basic Input/Output System) やEFI (Extensible Firmware Interface) 等のブートプログラム等を格納する。

【0021】

RAM 203は揮発性メモリであり、DRAM (Dynamic Random Access Memory) やSRAM (Static Random Access Memory) 等を含む。RAM 203は、補助記憶装置204に格納された各種プログラムがCPU 201によって実行される際に展開される、作業領域を提供する主記憶部として機能する。

10

【0022】

補助記憶装置204は、ナビゲーション装置120にインストールされた各種プログラムや、各種プログラムが実行されることで生成されるデータ等を記録するコンピュータ読み取り可能な記憶装置である。

【0023】

接続装置205は、脈拍センサ110、スピーカ装置130及び表示装置140等の各種外部機器とナビゲーション装置120とを接続する装置である。これにより、脈拍センサ110、スピーカ装置130及び表示装置140とナビゲーション装置120との間で、各種情報を送受信することができる。

20

【0024】

ドライブ装置206は記録媒体210をセットするための装置である。ここでいう記録媒体210には、CD-ROM、フレキシブルディスク、光磁気ディスク等のように情報を光学的、電気的あるいは磁氣的に記録する媒体が含まれる。また、記録媒体210には、ROM、フラッシュメモリ等のように情報を電気的に記録する半導体メモリ等も含まれる。

【0025】

なお、補助記憶装置204に格納される各種プログラムは、例えば、配布された記録媒体210がドライブ装置206にセットされ、該記録媒体210に記録された各種プログラムがドライブ装置206により読み出されることでインストールされてもよい。あるいは、補助記憶装置204に格納される各種プログラムは、図示しない通信装置を介してネットワークからダウンロードされることでインストールされてもよい。

30

【0026】

次に、ナビゲーション装置120の機能構成について説明する。図3は、眠気判定装置の一例であるナビゲーション装置の機能構成を示す図である。

【0027】

図3に示すように、眠気判定部121は、脈波信号取得部301、間隔解析部302、振幅解析部303、眠気度算出部304、覚醒努力解析部305、覚醒水準解析部306、覚醒努力状態判定部307を有する。

【0028】

脈波信号取得部301は、脈拍センサ110より出力された脈波信号を取得する。車両150がIG (Ignition) -ONの状態、ドライバ160が脈拍センサ110を耳たぶに装着することで、脈拍センサ110から脈波信号が出力される。これにより、脈波信号取得部301では脈波信号を取得する。

【0029】

間隔解析部302は、取得した脈波信号より、各時刻におけるドライバ160の脈拍間隔を抽出することで、脈拍間隔の時間変化を算出し、算出した脈拍間隔の時間変化について周波数解析を行う。また、間隔解析部302は、周波数解析を行うことで得られたパワースペクトル波形より低周波数のピークを検出し、血圧性成分を抽出する。更に、間隔解析部302は、周波数解析を行うことで得られたパワースペクトル波形より高周波数のピ

40

50

ークを検出し、呼吸性成分を抽出する。なお、間隔解析部 302 は、抽出した血压性成分を覚醒努力解析部 305 に通知する。また、間隔解析部 302 は、抽出した呼吸性成分を眠気度算出部 304 に通知する。

【0030】

振幅解析部 303 は、取得した脈波信号より、各時刻におけるドライバ 160 の脈拍振幅を抽出することで、脈拍振幅の時間変化を算出し、算出した脈拍振幅の時間変化について周波数解析を行う。また、振幅解析部 303 は、周波数解析を行うことで得られたパワースペクトル波形より低周波数のピークを検出し、血压性成分を抽出する。更に、振幅解析部 303 は、周波数解析を行うことで得られたパワースペクトル波形より高周波数のピークを検出し、呼吸性成分を抽出する。なお、振幅解析部 303 は、抽出した血压性成分を覚醒努力解析部 305、覚醒水準解析部 306 に通知する。

10

【0031】

眠気度算出部 304 は、間隔解析部 302 より受信した呼吸性成分に基づいて、眠気度を算出する。なお、眠気度算出部 304 は、ドライバ 160 の眠気度を算出するための眠気度算出テーブルを有しているものとする。眠気度算出部 304 は、眠気度算出テーブルを参照することで、眠気度を算出する。また、眠気度算出部 304 は、算出した眠気度が所定の閾値以上であると判定した場合、判定結果を警報部 122 に通知する。

【0032】

覚醒努力解析部 305 は、間隔解析部 302 より受信した血压性成分と振幅解析部 303 より受信した血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づき、ドライバ 160 の能動活動の程度を判定する。

20

【0033】

なお、覚醒努力解析部 305 は、ドライバ 160 の能動活動の程度を判定するための能動活動判定テーブルを有しているものとする。覚醒努力解析部 305 は、能動活動判定テーブルを参照することで、ドライバ 160 の能動活動の程度を判定する。

【0034】

また、覚醒努力解析部 305 は、ドライバ 160 の能動活動の程度が、所定の条件 ("覚醒努力") に該当すると判定した場合、判定結果を覚醒努力状態判定部 307 に通知する。

【0035】

覚醒水準解析部 306 は、振幅解析部 303 より受信した血压性成分に含まれる、パワースペクトル波形のピーク値の変動を、超長周期で解析することで、変動が増加傾向にあるか否かを判定する。

30

【0036】

また、覚醒水準解析部 306 は、振幅解析部 303 より受信した血压性成分に含まれる、パワースペクトル波形のピーク値の基準値からのずれ量が、所定の閾値以上であると判定した場合に、対応する脈波信号が検出された時刻を特異点として抽出する。また、覚醒水準解析部 306 は、現時点から所定期間遡った範囲における特異点の出現頻度が所定の閾値以上であるか否かを判定する。

【0037】

更に、覚醒水準解析部 306 は、超長周期の変動が増加傾向にあると判定し、かつ、特異点の出現頻度が所定の閾値以上であると判定した場合に、ドライバ 160 の覚醒水準が低いと判定し、判定結果を覚醒努力状態判定部 307 に通知する。

40

【0038】

覚醒努力状態判定部 307 は、ドライバ 160 が覚醒努力状態であるか否かを判定する。ドライバ 160 が「覚醒努力状態」であるとは、ドライバ 160 が眠気に抵抗している状態を指す。覚醒努力状態判定部 307 は、覚醒努力解析部 305 より判定結果を受信し、かつ、覚醒水準解析部 306 より判定結果を受信した場合、ドライバ 160 が覚醒努力状態であると判定する。

【0039】

50

なお、覚醒努力状態判定部 307 が、覚醒努力解析部 305 より受信する判定結果は、ドライバ 160 の能動活動の程度が"覚醒努力"に該当する旨の判定結果である。また、覚醒努力状態判定部 307 が、覚醒水準解析部 306 より受信する判定結果は、ドライバ 160 の覚醒水準が低い旨の判定結果である。

【0040】

覚醒努力状態判定部 307 は、ドライバ 160 が覚醒努力状態であると判定した場合、判定結果を警報部 122 に通知する。

【0041】

警報部 122 は、眠気度算出部 304 より判定結果を受信した場合（つまり、眠気度が所定の閾値以上であると判定した場合）、スピーカ装置 130 に、予め規定された警報情報を音声出力する。あるいは、警報部 122 は、表示装置 140 に、予め規定された警報情報を表示出力する。

10

【0042】

更に、警報部 122 は、覚醒努力状態判定部 307 より判定結果を受信した場合にも（つまり、覚醒努力状態であると判定された場合にも）、スピーカ装置 130 に、予め規定された警報情報を音声出力する。あるいは、警報部 122 は、表示装置 140 に、予め規定された警報情報を表示出力する。

【0043】

このように、第 1 の実施形態における眠気判定システム 100 では、ドライバ 160 の眠気度が所定の閾値以上であることを判定することに加えて、ドライバ 160 が覚醒努力状態であることを識別する。そして、覚醒努力状態であることを識別した場合、第 1 の実施形態における眠気判定システム 100 では、覚醒努力状態から覚醒状態へと改善するための処理を行う。このため、ドライバ 160 が覚醒努力状態であるにも関わらず、眠気度が低いことで覚醒状態であると誤判定し、ドライバの状態が、覚醒努力状態から覚醒状態へと改善されないまま、車両 150 の運転が継続されてしまうといった事態を回避することができる。

20

【0044】

次に、眠気判定部 121 に含まれる各部の更なる詳細な機能について、図 4～図 8 を用いて説明する。はじめに、眠気判定部 121 に含まれる間隔解析部 302 の機能の詳細について説明する。図 4 は、間隔解析部の機能を説明するための図である。

30

【0045】

図 4 (a) に示すように、間隔解析部 302 は、第 1 のピーク値検出部 401、間隔算出部 402、第 1 の周波数解析部 403、第 1 の呼吸性成分抽出部 404、第 1 の血压性成分抽出部 405 を有する。

【0046】

第 1 のピーク値検出部 401 は、脈波信号取得部 301 において取得された脈波信号のピークを検出する。図 4 (b) のグラフ 410 は、横軸に時間を、縦軸に脈波信号値を表したグラフである。第 1 のピーク値検出部 401 では、グラフ 410 に示す脈波信号が取得されると、ピーク (420～431) を抽出する。

【0047】

間隔算出部 402 は、第 1 のピーク値検出部 401 において検出された各ピークの間隔（脈拍間隔）を算出する。グラフ 410 に示す脈波信号の場合、ピーク 420～ピーク 431 がそれぞれ検出された時刻は、 $t_0 \sim t_{11}$ である。そこで、間隔算出部 402 は、各時刻間の差分を算出することで、脈拍間隔 $T_0 \sim T_{10}$ を算出する。なお、図 4 (b) の表 440 は、間隔算出部 402 が、各時刻において算出した脈拍間隔を示した表である。更に、図 4 (b) のグラフ 450 は、横軸に時刻を、縦軸に脈拍間隔をとり、表 440 をプロットしていくことで、脈拍間隔の時間変化を表したグラフである。

40

【0048】

第 1 の周波数解析部 403 は、間隔算出部 402 において算出された脈拍間隔の時間変化を所定の時間幅で周波数解析し、パワースペクトル密度 (PSD: Power Spectral Den

50

sity)を算出する。図4(b)のグラフ460は、間隔算出部402により算出された脈拍間隔の時間変化(グラフ450参照)を、第1の周波数解析部403が時間幅451の範囲において周波数解析することで得られたパワースペクトル波形を示している。

【0049】

グラフ460において、横軸は周波数を表し、縦軸はパワースペクトル密度を表している。グラフ460に示すように、脈拍間隔の時間変化(グラフ450)を周波数解析すると、低周波数側と高周波数側の2箇所にパワースペクトル密度のピーク(ピーク値= P_1 及び P_2)が現れる。

【0050】

このうち、低周波数側に現れるピークの周波数(F_1)を、「血圧変調周波数」と称する。また、ピーク値(P_1)と血圧変調周波数(F_1)との組み合わせ(P_1, F_1)を、「第1の血圧性成分」と称する。

【0051】

更に、高周波数側に現れるピークの周波数(F_2)を、「呼吸動作変調周波数」と称する。また、ピーク値(P_2)と呼吸動作変調周波数(F_2)との組み合わせ(P_2, F_2)を、「第1の呼吸性成分」と称する。

【0052】

第1の呼吸性成分抽出部404は、第1の周波数解析部403による周波数解析の結果に基づいて、第1の呼吸性成分を抽出する。グラフ460は、第1の呼吸性成分抽出部404が、時刻= t_1 を終了時刻とする時間幅451の範囲において行われた周波数解析の結果に基づいて、第1の呼吸性成分(P_2, F_2)を抽出したことを示している。

【0053】

なお、第1の呼吸性成分抽出部404は、抽出した第1の呼吸性成分を眠気度算出部304に通知する。

【0054】

第1の血圧性成分抽出部405は、第1の周波数解析部403による周波数解析の結果に基づいて、第1の血圧性成分を抽出する。グラフ460は、第1の血圧性成分抽出部405が、時刻= t_1 を終了時刻とする時間幅451の範囲において行われた周波数解析の結果に基づいて、第1の血圧性成分(P_1, F_1)を抽出したことを示している。

【0055】

なお、第1の血圧性成分抽出部405は、抽出した第1の血圧性成分を覚醒努力解析部305に通知する。

【0056】

次に、眠気判定部121に含まれる振幅解析部303の機能について説明する。図5は、振幅解析部の機能を説明するための図である。

【0057】

図5(a)に示すように、振幅解析部303は、第2のピーク値検出部501、振幅算出部502、第2の周波数解析部503、第2の呼吸性成分抽出部504、第2の血圧性成分抽出部505を有する。

【0058】

第2のピーク値検出部501は、脈波信号取得部301において取得された脈波信号のピークを検出する。図5(b)のグラフ510は、横軸に時間を、縦軸に脈波信号値を表したグラフである。第2のピーク値検出部501は、グラフ510に示す脈波信号が取得されると、ピーク(420__1~431__1、420__2~431__2)を抽出する。

【0059】

振幅算出部502は、第2のピーク値検出部501において検出された各ピークに基づき振幅(脈拍振幅)を算出する。グラフ510に示す脈波信号の場合、振幅算出部502は、ピーク420__1~ピーク431__1、ピーク420__2~ピーク431__2それぞれに基づいて、時刻 $t_0 \sim t_{11}$ に対応する脈拍振幅として、脈拍振幅 $A_0 \sim A_{11}$ を算出する。なお、図5(b)の表530は、振幅算出部502が、各時刻に対応する脈拍振

10

20

30

40

50

幅を示した表である。更に、図 5 (b) のグラフ 5 4 0 は、横軸に時刻を、縦軸に脈拍振幅を取り、表 5 3 0 をプロットしていくことで、脈拍振幅の時間変化を表したグラフである。

【0060】

第 2 の周波数解析部 5 0 3 は、振幅算出部 5 0 2 において算出された脈拍振幅の時間変化を所定の時間幅で周波数解析し、パワースペクトル密度を算出する。図 5 (b) のグラフ 5 5 0 は、振幅算出部 5 0 2 において算出された脈拍振幅の時間変化 (グラフ 5 4 0 参照) を、第 2 の周波数解析部 5 0 3 が、時間幅 5 4 1 の範囲において周波数解析することで得たパワースペクトル波形を示している。

【0061】

グラフ 5 5 0 において、横軸は周波数を表し、縦軸はパワースペクトル密度を表している。グラフ 5 5 0 に示すように、脈拍振幅の時間変化 (グラフ 5 4 0) を周波数解析すると、低周波数側と高周波数側の 2 箇所にパワースペクトル密度のピーク (ピーク値 = p_1 及び p_2) が現れる。

【0062】

このうち、低周波数側に現れるピークの周波数 (f_1) を、「血圧変動周波数」と称する。また、ピーク値 (p_1) と血圧変動周波数 (f_1) との組み合わせ (p_1, f_1) を、「第 2 の血圧性成分」と称する。

【0063】

更に、高周波数側に現れるピークの周波数 (f_2) を、「呼吸動作変動周波数」と称する。また、ピーク値 (p_2) と呼吸動作変動周波数 (f_2) との組み合わせ (p_2, f_2) を、「第 2 の呼吸性成分」と称する。

【0064】

第 2 の呼吸性成分抽出部 5 0 4 は、第 2 の周波数解析部 5 0 3 による周波数解析の結果に基づいて、第 2 の呼吸性成分を抽出する。グラフ 5 5 0 は、第 2 の呼吸性成分抽出部 5 0 4 が、時刻 = t_1 を終了時刻とする時間幅 5 4 1 の範囲において行われた周波数解析の結果に基づいて、第 2 の呼吸性成分 (p_2, f_2) を抽出したことを示している。

【0065】

第 2 の血圧性成分抽出部 5 0 5 は、第 2 の周波数解析部 5 0 3 による周波数解析の結果に基づいて、第 2 の血圧性成分を抽出する。グラフ 5 5 0 は、第 2 の血圧性成分抽出部 5 0 5 が、時刻 = t_1 を終了時刻とする時間幅 5 4 1 の範囲において行われた周波数解析の結果に基づいて、第 2 の血圧性成分 (p_1, f_1) を抽出したことを示している。

【0066】

なお、第 2 の血圧性成分抽出部 5 0 5 は、抽出した第 2 の血圧性成分を、覚醒努力解析部 3 0 5、覚醒水準解析部 3 0 6 に通知する。

【0067】

次に、眠気判定部 1 2 1 に含まれる眠気度算出部 3 0 4 の機能について説明する。図 6 は、眠気度算出部の機能を説明するための図である。

【0068】

図 6 (a) に示すように、眠気度算出部 3 0 4 は、第 1 の呼吸性成分取得部 6 0 1、異常値除去部 6 0 2、変換部 6 0 3 を有する。

【0069】

第 1 の呼吸性成分取得部 6 0 1 は、間隔解析部 3 0 2 の第 1 の呼吸性成分抽出部 4 0 4 において抽出された第 1 の呼吸性成分 (P_2, F_2) を取得する。図 6 (b) は、第 1 の呼吸性成分取得部 6 0 1 が、第 1 の呼吸性成分抽出部 4 0 4 にて抽出された第 1 の呼吸性成分を、各時刻 ($t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$) と対応付けて取得した様子を示している。

【0070】

異常値除去部 6 0 2 は、第 1 の呼吸性成分取得部 6 0 1 が、各時刻と対応付けて取得した第 1 の呼吸性成分のうち、異常値を除去する。異常値除去部 6 0 2 は、各時刻と対応付

10

20

30

40

50

けて取得した第1の呼吸性成分のうち、後述する覚醒努力解析部305において、異常値と判定された第1の呼吸性成分を除去する。

【0071】

変換部603は、第1の呼吸性成分取得部601が取得した第1の呼吸性成分のうち、異常値除去部602において除去されなかった第1の呼吸性成分について、眠気度を算出する。

【0072】

なお、変換部603は、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)に、眠気度が対応付けられた眠気度算出テーブルを有しているものとする。図6(c)は、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)に、眠気度が対応付けられた眠気度算出テーブルをグラフ化したものである。

10

【0073】

図6(c)に示すように、眠気度算出テーブルは、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)が大きいほど(右上にいくほど)眠気度が小さくなるように規定されている。また、眠気度算出テーブルは、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)が小さいほど(左下にいくほど)眠気度が大きくなるように規定されている。

【0074】

変換部603は、眠気度算出テーブルを参照することで、第1の呼吸性成分に含まれる、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)に基づいて、眠気度を算出する。

【0075】

図6(c)の例は、眠気度算出テーブルをグラフ化したものに、更に、第1の呼吸性成分取得部601が取得した、各時刻(t_1 、 t_2 、 t_3 、 $\dots$ 、 t_n)に対応する第1の呼吸性成分をプロットした様子を示している。図6(c)の例では、時刻= $t_1 \sim t_3$ では、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)が大きいため、変換部603が、眠気度を"1"と算出している。また、時間の経過とともに、呼吸動作変調周波数(F_2)及びピーク値(P_2)は小さくなっていき、時刻= t_n では、変換部603が、眠気度を"4"と算出している。

20

【0076】

変換部603は、眠気度算出テーブルを参照することで眠気度を算出すると、更に、算出した眠気度が所定の閾値(例えば、4)以上であるか否かを判定する。変換部603は、算出した眠気度が所定の閾値以上であると判定した場合、判定結果を警報部122に通知する。

30

【0077】

次に、眠気判定部121に含まれる覚醒努力解析部305の機能について説明する。図7は、覚醒努力解析部の機能を説明するための図である。

【0078】

図7(a)に示すように、覚醒努力解析部305は、第1の血圧性成分取得部701、第2の血圧性成分取得部702、血圧性成分解析部703、能動活動判定部704、異常値判定部705を有する。

【0079】

第1の血圧性成分取得部701は、間隔解析部302の第1の血圧性成分抽出部405において抽出された第1の血圧性成分(F_1 、 P_1)を取得する。

40

【0080】

第2の血圧性成分取得部702は、振幅解析部303の第2の血圧性成分抽出部505において抽出された第2の血圧性成分(f_1 、 p_1)を取得する。

【0081】

血圧性成分解析部703は、第1及び第2の血圧性成分取得部701、702によりそれぞれ取得された第1及び第2の血圧性成分(F_1 、 P_1)、(f_1 、 p_1)に基づいて、下式を用いてずれの大きさの偏差を算出する。

【0082】

50

【数 1】

$$\text{ずれの大きさの偏差} = \sqrt{STD(f_1 - F_1)^2 + STD(p_1 - P_1)^2}$$

【0083】

図7(b)のグラフ710は、ずれの大きさの偏差を説明するためのグラフであり、横軸は周波数を表し、縦軸はパワースペクトル密度を表している。なお、グラフ710は、脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで得たパワースペクトル波形（図4のグラフ460参照）と、脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで得たパワースペクトル波形（図5のグラフ550参照）とを重ね合わせたものである。図7(b)のグラフ710においてずれの大きさの偏差は、矢印711の大きさの偏差に相当する。

10

【0084】

能動活動判定部704は、血圧性成分解析部703により算出されたずれの大きさの偏差に基づき、ドライバ160の能動活動の程度を判定する。なお、能動活動判定部704は、能動活動判定テーブルを有しているものとする。能動活動判定部704は、能動活動判定テーブルを参照することで、ドライバ160の能動活動の程度を判定する。

【0085】

図7(b)のグラフ720は、能動活動判定テーブルをグラフ化したものである。グラフ720に示すように、能動活動の程度には、"単調"、"低調"、"覚醒努力"、"格闘"、"乱調"が含まれる。

20

【0086】

血圧変動周波数の差分（ $|f_1 - F_1|$ ）の偏差とピーク値の差分（ $|p_1 - P_1|$ ）の偏差とが共に小さい場合（ずれの大きさの偏差が 0.5σ 以下の場合）、能動活動判定部704では、ドライバの能動活動の程度が"単調"であると判定する。以降、血圧変動周波数の差分（ $|f_1 - F_1|$ ）の偏差とピーク値の差分（ $|p_1 - P_1|$ ）の偏差が大きくなるにつれ、能動活動判定部704では、能動活動の程度を、それぞれ、"低調"、"覚醒努力"、"格闘"、"乱調"と判定していく。

30

【0087】

能動活動判定部704では、ずれの大きさの偏差（矢印711の大きさの偏差）に基づいて能動活動の程度が所定の条件（"覚醒努力"）に該当すると判定した場合に、判定結果を覚醒努力状態判定部307に通知する。

【0088】

異常値判定部705は、血圧性成分解析部703において算出されたずれの大きさの偏差（矢印711の大きさの偏差）が所定の閾値以上であるか否かを判定する。異常値判定部705は、ずれの大きさの偏差（矢印711の大きさの偏差）が所定の閾値以上であると判定した場合、このときの第1の呼吸性成分（ F_2 , P_2 ）を異常値と判定し、眠気度算出部304に通知する。この場合、眠気度算出部304の変換部603では、このときの第1の呼吸性成分（ F_2 , P_2 ）に基づく眠気度の算出は行わない（つまり、眠気度は更新されない）。

40

【0089】

次に、眠気判定部121に含まれる覚醒水準解析部306の機能について説明する。図8は、覚醒水準解析部の機能を説明するための図である。

【0090】

図8(a)に示すように、覚醒水準解析部306は、超長周期解析部801、特異信号解析部802、覚醒水準判定部803を有する。

【0091】

超長周期解析部801は、振幅解析部303の第2の血圧性成分抽出部505において

50

抽出された第2の血压性成分 (f_1 , p_1) を取得する。また、超長周期解析部801は、取得した第2の血压性成分 (f_1 , p_1) に含まれるピーク値 (p_1) が、超長周期において増加傾向にあるか否かを判定する。超長周期において増加傾向にあると判定した場合、判定結果を覚醒水準判定部803に通知する。

【0092】

図8(b)のグラフ810は、第2の血压性成分 (f_1 , p_1) に含まれるピーク値 (p_1) の時間変化を表したグラフである。グラフ810において、横軸は時間を表し、縦軸は、パワースペクトル密度を表している。超長周期解析部801は、グラフ810を超長周期で解析することで、解析結果(超長周期の変動)811を得る。超長周期解析部801は、解析結果811に基づいて、第2の血压性成分 (f_1 , p_1) に含まれるピーク値 (p_1) が、超長周期において増加傾向にあるか否かを判定する。

10

【0093】

特異信号解析部802は、振幅解析部303の第2の血压性成分抽出部505において抽出された第2の血压性成分 (f_1 , p_1) を取得する。また、特異信号解析部802は、取得した第2の血压性成分 (f_1 , p_1) に含まれるピーク値 (p_1) の基準値からのずれ量を算出する。特異信号解析部802は、これまでに取得してきた第2の血压性成分 (f_1 , p_1) に含まれるピーク値 (p_1) のうち、最小のピーク値 ($\min(p_1)$) を基準値として用いる。

【0094】

特異信号解析部802は、算出した基準値からのずれ量が所定の閾値以上であると判定した場合、対応する脈波信号が特異信号であると判定する。また、特異信号解析部802は、対応する脈波信号が検出された時刻を特異点と判定する。更に、特異信号解析部802は、現時点から所定期間遡った範囲における特異点の出現頻度を算出し、出現頻度が所定の閾値以上であると判定した場合、判定結果を覚醒水準判定部803に通知する。

20

【0095】

図8(c)は、各時刻において、第2の血压性成分 (f_1 , p_1) に含まれるピーク値 (p_1) の、最小のピーク値 ($\min(p_1)$) からのずれ量(矢印820__3、820__n等参照)を算出した様子を示している。特異信号解析部802は、算出したずれ量(矢印820__3、820__n等参照)が所定の閾値以上であると判定した場合、対応する脈波信号が特異信号であると判定するとともに、対応する脈波信号が検出された時刻を特異点と判定する。なお、図8(b)において、矢印821~824は、特異信号解析部802により特異点と判定された時刻を示している。現時点から所定期間遡った範囲における特異点が、矢印823と矢印824であった場合、特異信号解析部802では、当該2点の特異点の出現頻度が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。特異信号解析部802では、当該2点の特異点の出現頻度が所定の閾値以上であると判定した場合、判定結果を覚醒水準判定部803に通知する。

30

【0096】

覚醒水準判定部803は、超長周期解析部801より通知された判定結果(血压性成分のピーク値が超長周期において増加傾向にある)と、特異信号解析部802より通知された判定結果(特異点の出現頻度が所定の閾値以上である)とを取得する。

40

【0097】

また、覚醒水準判定部803は、超長周期解析部801より判定結果を取得した場合であって、特異信号解析部802より判定結果を取得した場合、ドライバ160の覚醒水準が低いと判定する。覚醒水準判定部803は、ドライバ160の覚醒水準が低いと判定した場合、判定結果を覚醒努力状態判定部307に通知する。

【0098】

次に、眠気判定部121に含まれる覚醒努力状態判定部307の機能について説明する。図9は、覚醒努力状態判定部307の機能を説明するための図である。

【0099】

図9に示すように、覚醒努力状態判定部307は、能動活動判定結果取得部901、覚

50

醒水準判定結果取得部 902、判定部 903 を有する。

【0100】

能動活動判定結果取得部 901 は、覚醒努力解析部 305 の能動活動判定部 704 より、判定結果（ドライバ 160 の能動活動の程度が"覚醒努力"に該当する旨の判定結果）を取得する。能動活動判定結果取得部 901 は、判定結果を取得すると、判定部 903 に通知する。

【0101】

覚醒水準判定結果取得部 902 は、覚醒水準解析部 306 の覚醒水準判定部 803 より、判定結果（ドライバ 160 の覚醒水準が低い旨の判定結果）を取得する。覚醒水準判定結果取得部 902 は、判定結果を取得すると、判定部 903 に通知する。

10

【0102】

判定部 903 は、能動活動判定結果取得部 901 より通知があり、かつ、覚醒水準判定結果取得部 902 より通知があった場合、ドライバ 160 の状態が、覚醒努力状態であると判定する。判定部 903 は、覚醒努力状態であると判定した場合、判定結果を警報部 122 に通知する。

【0103】

次に、眠気判定システム 100 における眠気判定処理の流れについて説明する。図 10 は、眠気判定処理のフローチャートである。

【0104】

図 10 に示すフローチャートは、車両 150 が I G-O N の状態で、ドライバ 160 が脈拍センサ 110 を耳たぶに装着することで処理が開始される。ステップ S1001 において、脈波信号取得部 301 は、脈拍センサ 110 より脈波信号を取得する。

20

【0105】

ステップ S1002 において、間隔解析部 302 は、脈波信号取得部 301 により取得された脈波信号を解析することで、第 1 の呼吸性成分及び第 1 の血圧性成分を抽出する。

【0106】

ステップ S1003 において、振幅解析部 303 は、脈波信号取得部 301 により取得された脈波信号を解析することで、第 2 の呼吸性成分及び第 2 の血圧性成分を抽出する。

【0107】

ステップ S1004 において、眠気度算出部 304 は、第 1 の呼吸性成分に基づいて眠気度を算出する眠気度算出処理を実行する。なお、眠気度算出処理のフローチャートの詳細は、後述する。

30

【0108】

ステップ S1005 において、覚醒努力解析部 305、覚醒水準解析部 306 及び覚醒努力状態判定部 307 が、第 1 の血圧性成分、第 2 の血圧性成分に基づいて、覚醒努力状態判定処理を行う。なお、覚醒努力状態判定処理のフローチャートの詳細は後述する。

【0109】

ステップ S1006 において、警報部 122 は、ステップ S1004 において眠気度算出部 304 より判定結果が通知されたか否か（ドライバ 160 の眠気度が所定の閾値以上であるか否か）を判定する。

40

【0110】

ステップ S1006 において、眠気度算出部 304 より判定結果が通知された（ドライバ 160 の眠気度が所定の閾値以上である）と判定した場合、ステップ S1008 に進む。ステップ S1008 において、警報部 122 は、ドライバ 160 に対して警報情報を音声出力または表示出力し、ステップ S1009 に進む。

【0111】

一方、ステップ S1006 において、眠気度算出部 304 より判定結果が通知されなかった（ドライバ 160 の眠気度が所定の閾値未満である）と判定した場合には、ステップ S1007 に進む。ステップ S1007 において、警報部 122 は、ステップ S1005 において覚醒努力状態判定部 307 より判定結果が通知されたか否か（ドライバ 160 の

50

状態が覚醒努力状態であるか否か)を判定する。

【0112】

ステップS1007において、覚醒努力状態判定部307より判定結果が通知された(ドライバ160の状態が覚醒努力状態である)と判定した場合には、ステップS1008に進み、警報情報を音声出力または表示出力した後に、ステップS1009に進む。このように、第1の実施形態における眠気判定処理では、眠気度が所定の閾値未満であると判定された場合でも、ドライバ160の状態が覚醒努力状態であると判定した場合には、警報出力を行う。

【0113】

一方、ステップS1007において、覚醒努力状態判定部307より判定結果が通知されなかった(ドライバ160の状態が覚醒努力状態でない)と判定した場合には、ステップS1009に進む。

10

【0114】

ステップS1009において、脈波信号取得部301は、眠気判定処理を終了するか否かを判定し、眠気判定処理を継続すると判定した場合には、ステップS1001に戻る。一方、ステップS1009において眠気判定処理を終了すると判定した場合には、眠気判定処理を終了する。

【0115】

次に、図10の眠気判定処理に含まれる各工程の詳細(眠気度算出処理(ステップS1004)、覚醒努力状態判定処理(ステップS1005))のフローチャートについて説明する。

20

【0116】

図11は、眠気度算出処理の詳細を示すフローチャートである。ステップS1101において、第1の呼吸性成分取得部601は第1の呼吸性成分を取得する。ステップS1102において、異常値除去部602は、取得した第1の呼吸性成分が異常値であるか否かを判定する。

【0117】

覚醒努力状態判定処理(ステップS1005)が実行され、覚醒努力解析部305より第1の呼吸性成分が異常値である旨の判定結果を受信していた場合、ステップS1102において、異常値除去部602は、取得した第1の呼吸性成分が異常値であると判定する。ステップS1002において、異常値除去部602が、取得した第1の呼吸性成分が異常値であると判定した場合には、図10のステップS1006に戻る。

30

【0118】

一方、ステップS1102において、覚醒努力解析部305より第2の呼吸性成分が異常値である旨の判定結果を受信していない場合には、取得した第2の呼吸性成分が異常値でないと判定し、ステップS1103に進む。ステップS1103において、変換部603は、ステップS1101において取得した第1の呼吸性成分を用いて、眠気度算出テーブルを参照することで眠気度を算出する。

【0119】

ステップS1104において、変換部603は、算出した眠気度が所定の閾値以上であるか否かを判定する。ステップS1104において、所定の閾値未満であると判定した場合には、図10のステップS1006に戻る。一方、ステップS1104において、所定の閾値以上であると判定した場合には、ステップS1105に進む。

40

【0120】

ステップS1105において、変換部603は、ドライバ160の眠気度が所定の閾値以上である旨の判定結果を、警報部122に通知する。

【0121】

図12は、覚醒努力状態判定処理の詳細を示すフローチャートである。ステップS1201において、覚醒努力解析部305は、第1の血圧性成分及び第2の血圧性成分を取得する。

50

【0122】

ステップS1202において、覚醒努力解析部305は、取得した第1の血压性成分と第2の血压性成分とのずれの大きさの偏差を算出し、能動活動の程度を判定する。また、覚醒努力解析部305は、算出したずれの大きさの偏差に基づき第1の呼吸性成分が異常値であるか否かを判定し、異常値であると判定した場合には、判定結果を眠気度算出部304に通知する。

【0123】

ステップS1203において、覚醒努力解析部305は、判定した能動活動の程度が、"覚醒努力"に該当するか否かを判定する。ステップS1203において、判定した能動活動の程度が、"覚醒努力"に該当しないと判定した場合には、図10のステップS1006に戻る。

10

【0124】

一方、ステップS1203において、判定した能動活動の程度が、"覚醒努力"に該当すると判定した場合には、判定結果を覚醒努力状態判定部307に通知し、ステップS1204に進む。ステップS1204において、覚醒水準解析部306は、第2の血压性成分のピーク値の超長周期の変動を解析する。

【0125】

ステップS1205において、覚醒水準解析部306は、ステップS1204において解析した第2の血压性成分のピーク値の超長周期の変動が、増加傾向であるか否かを判定する。ステップS1205において、超長周期の変動が増加傾向にないと判定した場合には、図10のステップS1006に戻る。

20

【0126】

一方、ステップS1205において、超長周期の変動が増加傾向にあると判定した場合には、ステップS1206に進む。ステップS1206において、覚醒水準解析部306は、第2の血压性成分のピーク値の基準値からのずれ量に基づき、対応する脈波信号が特異信号か否かを判定する。また、特異信号であると判定した場合、覚醒水準解析部306は、対応する脈波信号が検出された時刻を特異点と判定する。また、ステップS1207において、覚醒水準解析部306は、現時点から所定期間遡った範囲における特異点の出現頻度を解析する。

【0127】

ステップS1208において、覚醒水準解析部306は、特異点の出現頻度が所定の閾値以上であるか否かを判定する。ステップS1208において、所定の閾値未満であると判定した場合には、図10のステップS1006に戻る。

30

【0128】

一方、ステップS1208において、所定の閾値以上であると判定した場合には、判定結果を覚醒努力状態判定部307に通知し、ステップS1209に進む。ステップS1209において、覚醒努力状態判定部307は、現在のドライバ160の状態が、覚醒努力状態であると判定し、判定結果を警報部122に通知したうえで、図10のステップS1006に戻る。

【0129】

以上の説明から明らかなように、第1の実施形態における眠気判定システムでは、脈拍間隔の時間変化を周波数解析し、パワースペクトル波形の呼吸性成分を抽出することで、ドライバの眠気度を算出する。また、第1の実施形態における眠気判定システムでは、脈拍間隔の時間変化の周波数解析により抽出される血压性成分と、脈拍振幅の時間変化の周波数解析により抽出される血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、ドライバの能動活動の程度を判定する。また、第1の実施形態における眠気判定システムでは、脈拍振幅の時間変化の周波数解析により抽出される血压性成分のピーク値の超長周期の変動と、特異点の出現頻度とに基づいて、ドライバの覚醒水準を判定する。また、第1の実施形態における眠気判定システムでは、ドライバの能動活動の程度が"覚醒努力"に該当し、かつ、覚醒水準が低いと判定した場合に、ドライバの状態が覚醒努力状態であると判定する。

40

50

更に、第１の実施形態における眠気判定システムでは、算出した眠気度が高い場合に、警報出力を行うとともに、算出した眠気度が低い場合でも、ドライバの状態が覚醒努力状態であると判定した場合には、警報出力を行う。

【０１３０】

このように、第１の実施形態における眠気判定システムによれば、ドライバの状態が、覚醒努力状態であることを識別することができる。このため、眠気度が低いと判定された場合でも、眠気を催している状態を正しく判定して警報出力することができる。

【０１３１】

この結果、第１の実施形態における眠気判定システムによれば、眠気を判定する判定精度を向上させることができる。

【０１３２】

〔第２の実施形態〕

上記第１の実施形態では、ナビゲーション装置１２０を、眠気判定部１２１及び警報部１２２として機能させる場合について説明した。しかしながら、眠気判定部１２１及び警報部１２２を実現させるための装置は、ナビゲーション装置１２０に限定されない。例えば、サーバ装置を眠気判定部１２１として機能させるようにしてもよい。

【０１３３】

図１３は、眠気判定システムの一例を示す第２の図である。以下、図１３に示す眠気判定システム１３００について、第１の実施形態との相違点を中心に説明する。

【０１３４】

図１３に示すように、眠気判定システム１３００は、サーバ装置１３１０と通信装置１３２０とを有する点において、図１の眠気判定システム１００と相違する。

【０１３５】

通信装置１３２０は、例えば、ＤＣＭ（Data Communication Module）であり、車両１５０に搭載され、車両１５０を管理するサーバ装置１３１０と通信する。

【０１３６】

サーバ装置１３１０には、眠気判定プログラムがインストールされており、当該プログラムが実行されることで、サーバ装置１３１０は、眠気判定部１２１として機能する。

【０１３７】

眠気判定システム１３００によれば、ドライバ１６０より検出された脈波信号は、ナビゲーション装置１２０、通信装置１３２０を介してサーバ装置１３１０に送信される。また、送信された脈波信号に基づいて、サーバ装置１３１０より、眠気度が高い旨の判定結果が送信された場合、または、覚醒努力状態である旨の判定結果が送信された場合、ナビゲーション装置１２０は、通信装置１３２０を介してこれらの判定結果を受信する。これにより、ナビゲーション装置１２０では、スピーカ装置１３０または表示装置１４０を介して警報出力を行うことができる。

【０１３８】

〔第３の実施形態〕

上記第１の実施形態では、ナビゲーション装置１２０を、眠気判定部１２１及び警報部１２２として機能させる場合について説明した。しかしながら、眠気判定部１２１及び警報部１２２を実現させるための装置は、ナビゲーション装置１２０に限定されない。例えば、ドライバ１６０が所持する携帯端末を眠気判定部１２１として機能させるようにしてもよい。

【０１３９】

図１４は、眠気判定システムの一例を示す第３の図である。以下、図１４に示す眠気判定システム１４００または１４２０について、第１の実施形態との相違点を中心に説明する。

【０１４０】

図１４（ａ）に示すように、眠気判定システム１４００は、携帯端末１４１０を有する点において、図１の眠気判定システム１００と相違する。

10

20

30

40

50

【0141】

携帯端末1410は、ドライバ160が所持する端末であり、脈拍センサ110と接続することで、脈波信号を取得する。また、携帯端末1410には、眠気判定プログラムがインストールされている。これにより、携帯端末1410は、眠気判定部121として機能する。

【0142】

また、携帯端末1410は、例えば、近距離通信により、ナビゲーション装置120との間で情報の送受信を行う。携帯端末1410は、眠気判定部121において眠気度が高いと判定された場合、または覚醒努力状態であると判定された場合に、判定結果をナビゲーション装置120に送信する。これにより、ナビゲーション装置120は、スピーカ装置130または表示装置140を介して警報出力を行うことができる。

10

【0143】

なお、警報情報の出力先は、ナビゲーション装置120に接続されたスピーカ装置130または表示装置140に限定されない。例えば、携帯端末が有するスピーカ機能及び表示機能を利用してもよい。

【0144】

図14(b)は、携帯端末1430を眠気判定部121、警報部122として機能させ、携帯端末1430が有するスピーカ機能及び表示機能を利用して警報情報を出力する眠気判定システム1420の一例である。眠気判定システム1420によれば、ドライバが運転可能な任意の車両において、眠気判定処理を実行することができる。

20

【0145】

[その他の実施形態]

上記第1乃至第3の実施形態において、覚醒努力状態判定部307は、ドライバ160の能動活動の程度が"覚醒努力"に該当すると判定され、かつ、ドライバ160の覚醒水準が低いと判定された場合に、ドライバ160の状態が覚醒努力状態であると判定した。しかしながら、覚醒努力状態判定部307は、ドライバ160の能動活動の程度が"覚醒努力"に該当すると判定された場合、または、ドライバ160の覚醒水準が低いと判定された場合のいずれかの場合に、覚醒努力状態であると判定するようにしてもよい。

【0146】

また、上記第1乃至第3の実施形態において、覚醒水準判定部803は、第2の血圧性成分のピーク値の超長周期の変動が増加傾向にあり、かつ、特異点の出現頻度が所定の閾値以上であると判定された場合に、ドライバ160の覚醒水準が低いと判定した。しかしながら、覚醒水準判定部803は、第2の血圧性成分のピーク値の超長周期の変動が増加傾向にあると判定された場合、または、特異点の出現頻度が所定の閾値以上であると判定された場合のいずれかの場合に、覚醒水準が低いと判定するようにしてもよい。

30

【0147】

また、上記第1乃至第3の実施形態において、間隔解析部302及び振幅解析部303は、脈波信号取得部301により取得された脈波信号を用いるものとして説明した。しかしながら、間隔解析部302及び振幅解析部303は、脈波信号取得部301により取得された脈波信号を、異常値を除去したうえで用いるようにしてもよい。

40

【0148】

また、上記第1乃至第3の実施形態において、覚醒努力解析部305は、ドライバ160の能動活動の程度が"覚醒努力"に該当すると判定した場合に、判定結果を警報部122に通知するものとして説明した。しかしながら、覚醒努力解析部305は、ドライバ160の能動活動の程度が"覚醒努力"に該当すると判定した場合に、算出したずれの大きさの偏差を合わせて警報部122に通知するようにしてもよい。これにより、警報部122では、ずれの大きさの偏差に応じた処理を行うことが可能となる。

【0149】

また、上記第1乃至第3の実施形態において、警報部122は、警報情報を音声出力または表示出力するものとして説明した。しかしながら、警報部122の出力形態はこれに

50

限定されず、例えば、不図示の振動子を振動させるようにしてもよい。あるいは、警報部 122 は、自動運転に切り替えるための信号を出力するようにしてもよい。

【0150】

なお、開示の技術では、以下に記載する付記のような形態が考えられる。

(付記 1)

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第 1 の血压性成分を抽出し、

前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第 2 の血压性成分を抽出し、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する、

処理をコンピュータに実行させる眠気判定プログラム。

(付記 2)

前記脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析し、前記第 1 の血压性成分よりも周波数の高い呼吸性成分を抽出し、

前記抽出した呼吸性成分に応じた眠気度を算出し、

前記算出した眠気度が所定の閾値以上であると判定した場合に、警報出力する、

処理を前記コンピュータに実行させ、

前記算出した眠気度が所定の閾値未満であると判定した場合であっても、前記被検者が眠気に抵抗している状態であると判定された場合には、警報出力することを特徴とする付記 1 に記載の眠気判定プログラム。

(付記 3)

前記第 2 の血压性成分のピーク値の超長周期の変動が増加傾向にあるか否かを判定し、

前記第 2 の血压性成分のピーク値の基準値からのずれ量が所定の閾値以上となる頻度を算出する、

処理を前記コンピュータに実行させ、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差が所定の条件に該当すると判定し、前記第 2 の血压性成分の超長周期の変動が増加傾向にあると判定し、かつ、前記頻度が所定の閾値以上であると判定した場合に、前記被検者の状態が眠気に抵抗している状態であると判定することを特徴とする付記 2 に記載の眠気判定プログラム。

(付記 4)

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差が所定の閾値未満であると判定した場合に、前記抽出した呼吸性成分に応じた眠気度を算出することを特徴とする付記 2 に記載の眠気判定プログラム。

(付記 5)

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より算出した脈拍間隔の時間変化を周波数解析することで、第 1 の血压性成分を抽出する第 1 の抽出手段と、

前記脈波信号より算出した脈拍振幅の時間変化を周波数解析することで、第 2 の血压性成分を抽出する第 2 の抽出手段と、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する判定手段と

を有することを特徴とする眠気判定装置。

(付記 6)

コンピュータが、

脈拍センサから出力される被検者の脈波信号より脈拍間隔の時間変化を抽出して周波数解析することで、第 1 の血压性成分を抽出し、

前記脈波信号より脈拍振幅の時間変化を抽出して周波数解析することで、第 2 の血压性成分を抽出し、

前記第 1 の血压性成分と前記第 2 の血压性成分とのずれの大きさの偏差に基づいて、前記被検者が眠気に抵抗している状態か否かを判定する、

処理を実行することを特徴とする眠気判定方法。

【0151】

なお、上記実施形態に挙げた構成等に、その他の要素との組み合わせ等、ここで示した構成に本発明が限定されるものではない。これらの点に関しては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更することが可能であり、その応用形態に応じて適切に定めることができる。

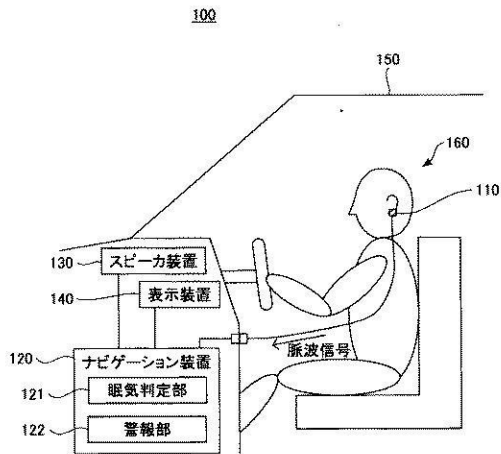
【符号の説明】

【0152】

100	：眠気判定システム	
110	：脈拍センサ	10
120	：ナビゲーション装置	
121	：眠気判定部	
122	：警報部	
130	：スピーカ装置	
140	：表示装置	
150	：車両	
160	：ドライバ	
301	：脈波信号取得部	
302	：間隔解析部	
303	：振幅解析部	20
304	：眠気度算出部	
305	：覚醒努力解析部	
306	：覚醒水準解析部	
1300	：眠気判定システム	
1310	：サーバ装置	
1320	：通信装置	
1400	：眠気判定システム	
1410	：携帯端末	
1420	：眠気判定システム	
1430	：携帯端末	30

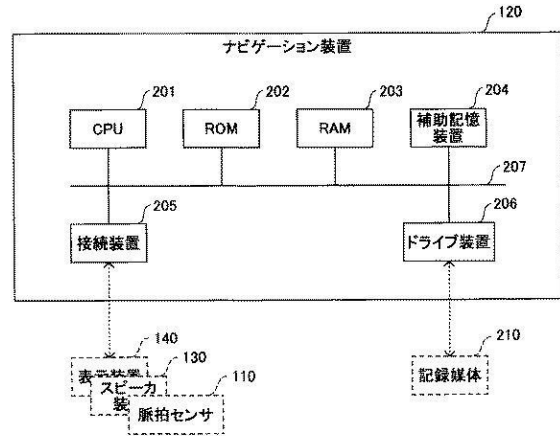
【図 1】

眠気判定システムの一例を示す第1の図

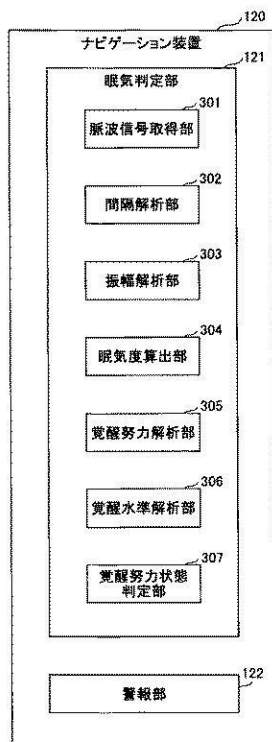


【図 2】

眠気判定装置の一例であるナビゲーション装置のハードウェア構成を示す図

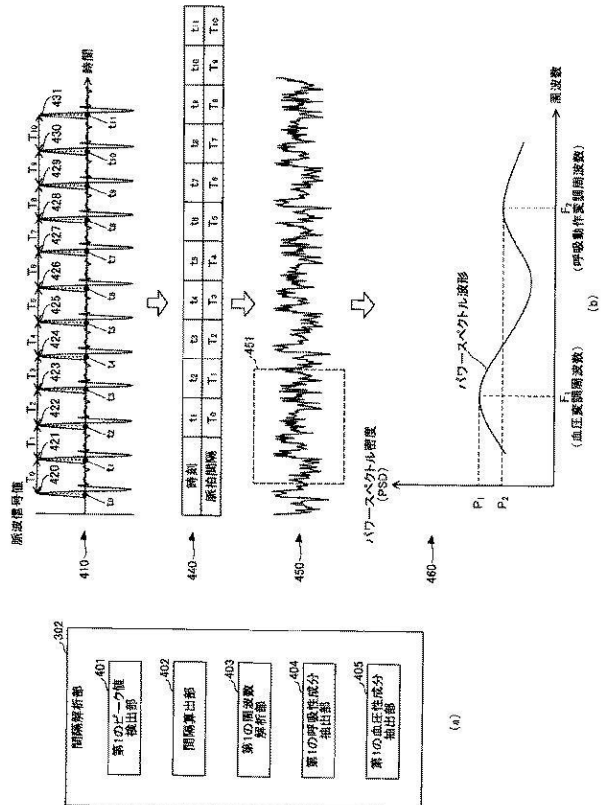


【図 3】

眠気判定装置の一例である
ナビゲーション装置の眠気判定部の機能構成を示す図

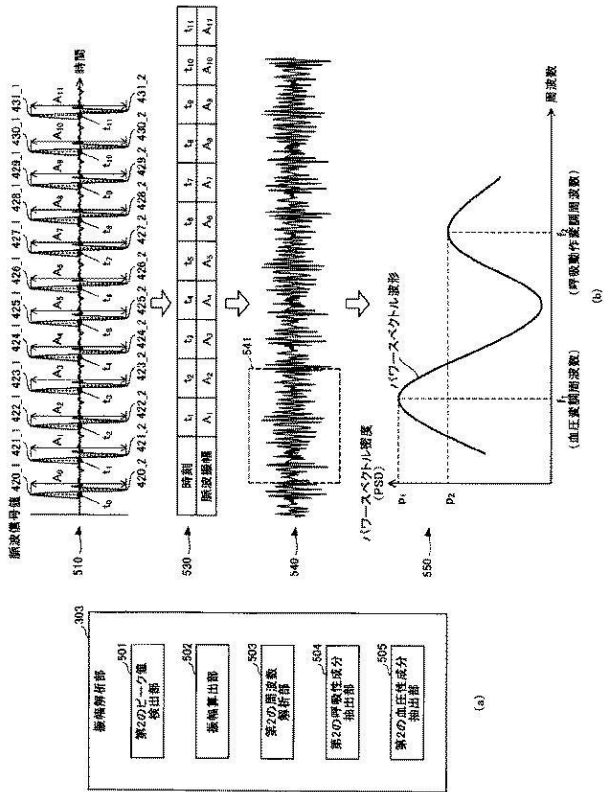
【図 4】

間隔解析部の機能を説明するための図



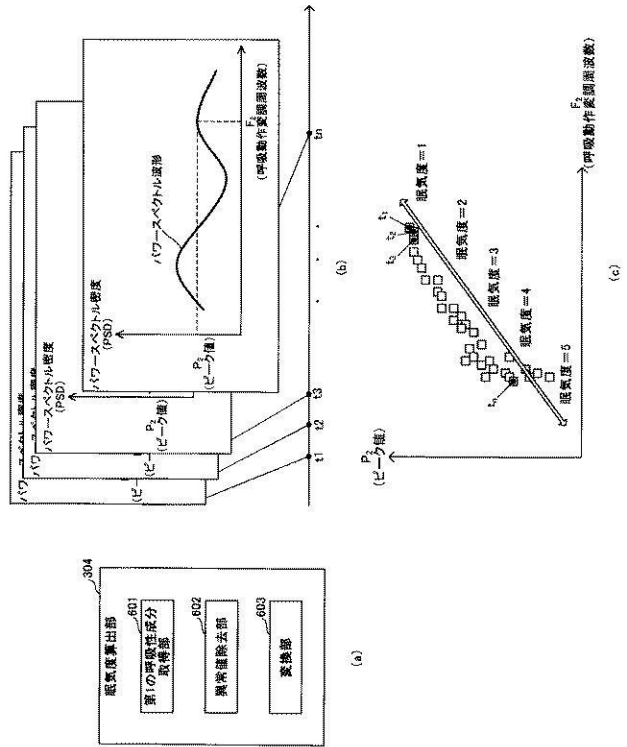
【図 5】

演算解析部の機能を説明するための図



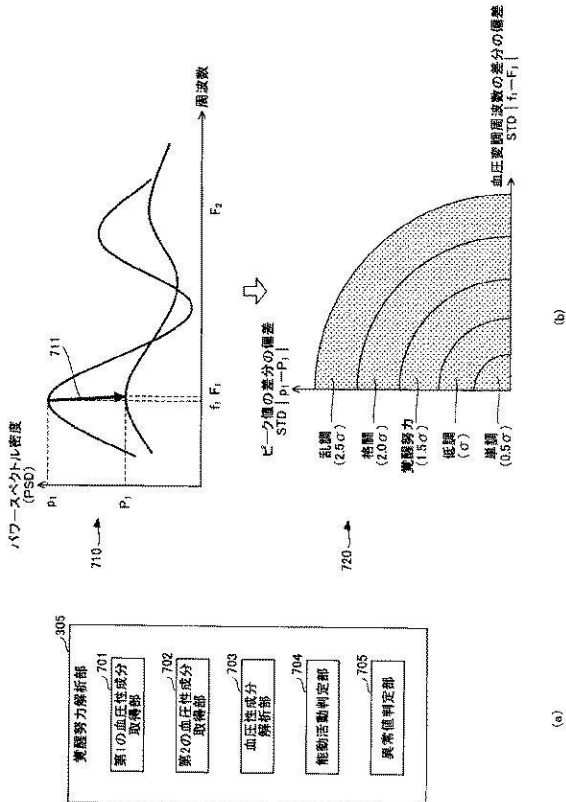
【図 6】

眠気度算出部の機能を説明するための図



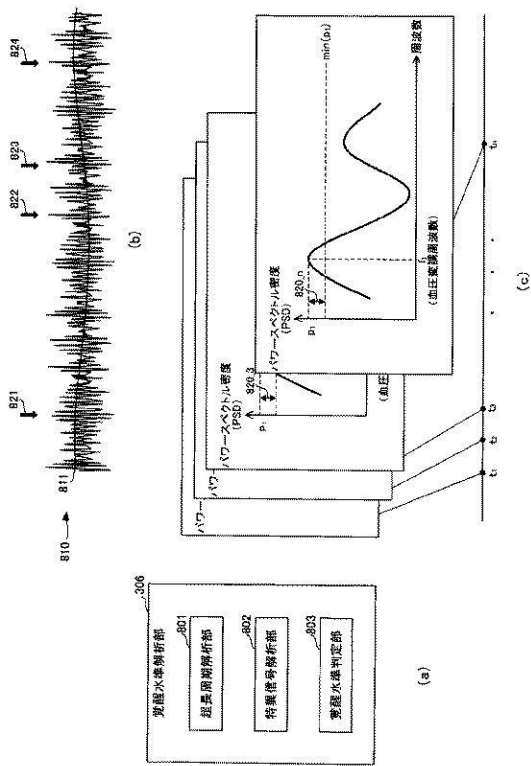
【図 7】

覚醒努力解析部の機能を説明するための図



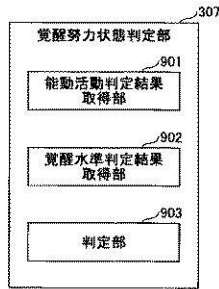
【図 8】

覚醒水準解析部の機能を説明するための図



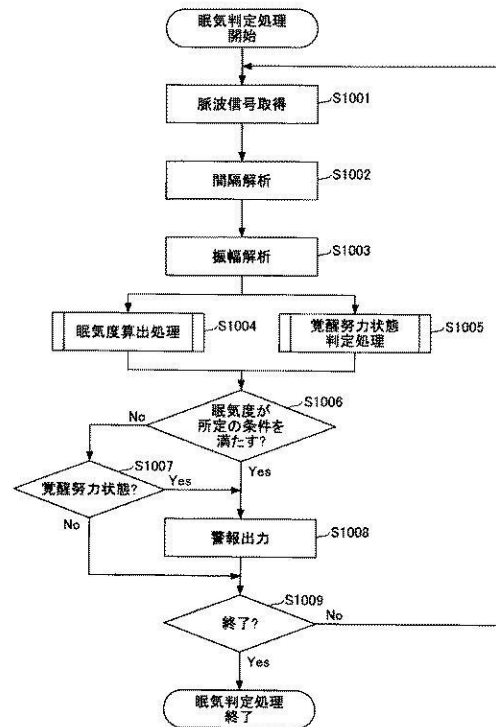
【図 9】

覚醒努力状態判定部の機能を説明するための図



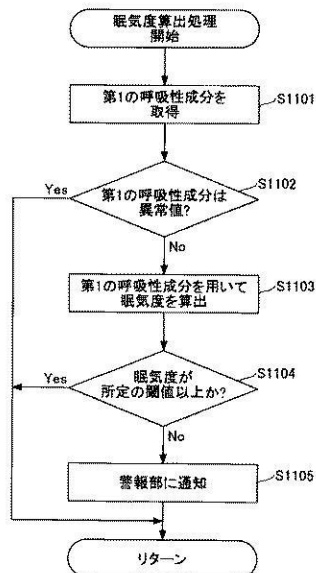
【図 10】

眠気判定処理のフローチャート



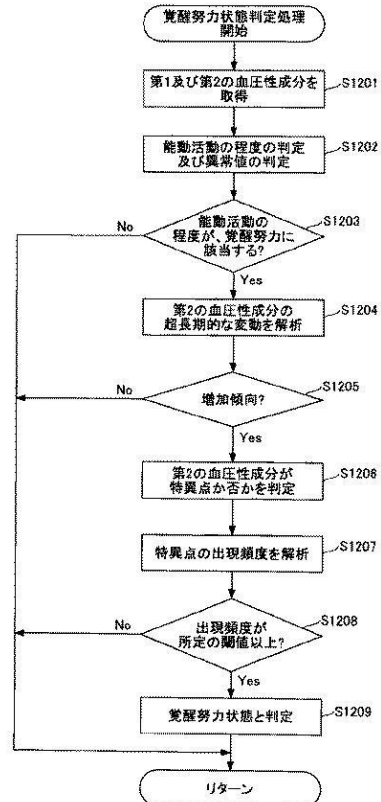
【図 11】

眠気度算出処理のフローチャート



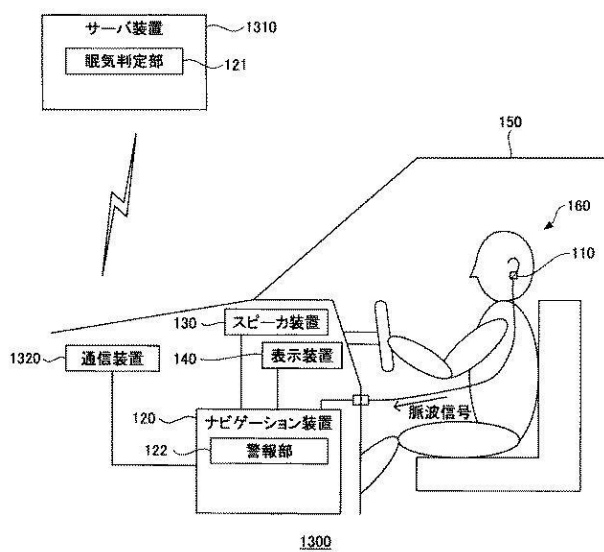
【図 12】

覚醒努力状態判定処理のフローチャート



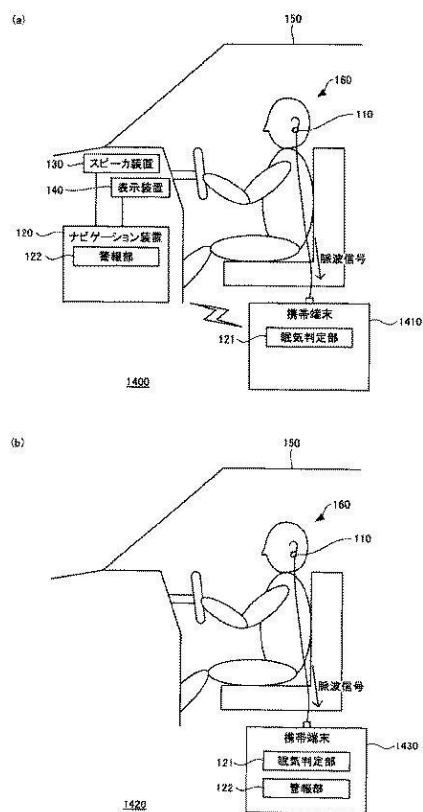
【図 1 3】

眠気判定システムの一例を示す第2の図



【図 1 4】

眠気判定システムの一例を示す第3の図



フロントページの続き

(72)発明者 中野 泰彦

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 4C017 AA09 AA10 AB08 BC11 BC16 BC21 BC23 BD06 CC06 EE01

EE17 FF05

4C038 PP05 PQ04