

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

無線通信装置から送信された電波を受信する受信部と、
前記受信部が受信した電波の強度を複数のサブキャリア毎に出力する電波強度取得部と

、
前記電波強度取得部から出力される電波強度生データについて、前記サブキャリア毎に
DC成分及び高周波成分を除去するバンドパスフィルタと、

前記バンドパスフィルタから出力されるデータについて、前記サブキャリア毎に移動平均を演算する移動平均演算部と、

前記移動平均演算部から出力される電波強度粗データについて、前記サブキャリア毎に
平均値の大きい順に並べ替えて、所定のサブキャリア数だけ抜粋する有効データ選択処理部と、

10

前記有効データ選択処理部から出力される基本データについて、事前の学習処理によって作成された回帰学習パラメータを用いて回帰推定処理を行い、前記無線通信装置と受信部との間に存在する被験者の呼吸数を推定する呼吸数推定データと、前記被験者の心拍数を推定する心拍数推定データを出力する回帰推定部と
を具備する、バイタル情報推定装置。

【請求項 2】

更に、

前記有効データ選択処理部から出力される基本データについて、事前の学習処理によって作成された分類学習パラメータを用いて分類推定処理を行い、前記被験者が通常状態であるか、無呼吸状態であるか、あるいはうつ伏せ状態であることを示す推定状態ラベルを出力する分類推定部と

20

を具備する、請求項 1 に記載のバイタル情報推定装置。

【請求項 3】

前記回帰学習パラメータは、前記基本データと、教師データである前記被験者の呼吸数を測定した呼吸数測定データ及び前記被験者の心拍数を測定した心拍数測定データとを用いて回帰学習を行う回帰学習部によって生成されるものであり、

前記分類学習パラメータは、前記基本データと、教師データである前記被験者の状態を観察した結果である状態ラベルを用いて分類学習を行う分類学習部によって生成されるものであり、

30

前記状態ラベルは、前記被験者が通常状態であるか、無呼吸状態であるか、あるいはうつ伏せ状態であることを示すものである、
請求項 2 に記載のバイタル情報推定装置。

【請求項 4】

前記有効データ選択処理部は、

前記電波強度粗データにおけるサブキャリア毎の電波強度の最大値を取得する最大値検出部と、

前記サブキャリア毎の電波強度の最大値を最大値閾値と比較して、前記最大値閾値以上のサブキャリアのみ選択する第一サブキャリア選択部と、

40

前記電波強度粗データにおけるサブキャリア毎の電波強度のピーク間隔を取得するピーク間隔検出部と、

前記サブキャリア毎の前記ピーク間隔に対して標準偏差を演算する標準偏差演算部と、

前記サブキャリア毎の前記ピーク間隔の前記標準偏差を標準偏差閾値と比較して、前記標準偏差閾値未満のサブキャリアのみ選択する第二サブキャリア選択部と、

前記電波強度粗データにおけるサブキャリア毎の電波強度の平均値を算出する平均値算出部と、

前記サブキャリア毎の前記電波強度の前記平均値を平均値閾値と比較して、前記平均値閾値以上のサブキャリアのみ選択する第三サブキャリア選択部と

を具備する、請求項 3 に記載のバイタル情報推定装置。

50

【請求項 5】

計算機を、

無線通信装置から送信された電波を受信する受信部が受信した電波の強度について複数のサブキャリア毎に得られる電波強度生データについて、前記サブキャリア毎にDC成分及び高周波成分を除去するバンドパスフィルタと、

前記バンドパスフィルタから出力されるデータについて、前記サブキャリア毎に移動平均を演算する移動平均演算部と、

前記移動平均演算部から出力される電波強度粗データについて、前記サブキャリア毎に平均値の大きい順に並べ替えて、所定のサブキャリア数だけ抜粋する有効データ選択処理部と、

前記有効データ選択処理部から出力される基本データについて、事前の学習処理によって作成された回帰学習パラメータを用いて回帰推定処理を行い、前記無線通信装置と受信部との間に存在する被験者の呼吸数を推定する呼吸数推定データと、前記被験者の心拍数を推定する心拍数推定データを出力する回帰推定部と

を具備する、バイタル情報推定装置として動作させるためのバイタル情報推定プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電波を用いて被験者のバイタル情報を推定するバイタル情報推定装置及びバイタル情報推定プログラムに関する。

20

【背景技術】

【0002】

高齢者の人口は世界中で急増している。医学の進歩などにより人の寿命が伸びる一方、全人口に占める労働人口の割合は減少し、介護・医療スタッフの不足を始めとした様々な問題が生じている。近年では、現代社会におけるストレスの増加、生活習慣の不注意等の原因により、SAS（Sleep apnea syndrome:睡眠時無呼吸症候群）等の呼吸に関わる疾患に罹患する患者の患者数が増加している。日本呼吸器学会の2014年3月における論文には、我が国のSAS潜在患者が約256万人に登るとの記述がある。また、厚生労働省の調査によれば、健康な乳児が乳幼児突然死症候群で突然死亡する要因の一つとして、うつ伏せで寝てしまうことが挙げられている。

30

以上のような、呼吸に関わる疾患を把握し、呼吸の不全に起因する事故を未然に防ぐために、呼吸を始めとする被験者のバイタル情報や被験者の姿勢の変化を計測することが求められている。

【0003】

特許文献1には、被験者の首筋に貼付することで被験者の睡眠または呼吸障害、身体活動、不整脈等を自動的に監視、スクリーニング、および/または報告するためのウェアラブルパッチに関する技術が開示されている。

特許文献2には、被験者の体表面の複数箇所に貼付したセンサの信号を無線にて送信する技術が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2016-517324号公報

【特許文献2】特表2008-543127号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

多くの従来技術における、被験者の睡眠時における脈拍や呼吸等のバイタル情報の取得は、例えば特許文献1や特許文献2に示されるように、センサ装置を被験者の皮膚に貼付

50

する必要がある。このようなデバイスは被験者に不快感を与え、被験者の睡眠を妨害する要因になり、被験者のQOL (Quality of Life:生活の質) の低下にも繋がる。また、乳幼児に皮膚に接触貼付させるセンサ装置の適用は不向きである。

すなわち、呼吸障害の検出や呼吸不全に起因する事故を防止するために、被験者のバイタル情報を非接触で安定的に取得する技術の確立が求められている。

【0006】

本発明はかかる課題に鑑みてなされたものであり、被験者のバイタル情報を非接触で安定的に取得することができる、バイタル情報推定装置及びバイタル情報推定プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のバイタル情報推定装置は、無線通信装置から送信された電波を受信する受信部と、受信部が受信した電波の強度を複数のサブキャリア毎に出力する電波強度取得部と、電波強度取得部から出力される電波強度生データについて、サブキャリア毎にDC成分及び高周波成分を除去するバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタから出力されるデータについて、サブキャリア毎に移動平均を演算する移動平均演算部とを具備する。更に、移動平均演算部から出力される電波強度粗データについて、サブキャリア毎に平均値の大きい順に並べ替えて、所定のサブキャリア数だけ抜粋する有効データ選択処理部と、有効データ選択処理部から出力される基本データについて、事前の学習処理によって作成された回帰学習パラメータを用いて回帰推定処理を行い、無線通信装置と受信部との間に存在する被験者の呼吸数を推定する呼吸数推定データと、被験者の心拍数を推定する心拍数推定データを出力する回帰推定部とを具備する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、被験者のバイタル情報を非接触で安定的に取得することができる、バイタル情報推定装置及びバイタル情報推定プログラムを提供することができる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態に係るバイタル情報推定装置の使用状態を示す概略図である。

【図2】無線LANルータのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】バイタル情報推定装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図4】バイタル情報推定装置の、学習フェーズにおけるソフトウェア機能を示すブロック図である。

【図5】有効データ選択処理部のソフトウェア機能を示すブロック図である。

【図6】バイタル情報推定装置の、推定フェーズにおけるソフトウェア機能を示すブロック図である。

【図7】無線LANのサブキャリアを示す模式図である。

【図8】無線LANのパケットの電波強度をサブキャリア毎及び時間軸上に展開した模式図である。

【図9】電波強度生データ及び電波強度粗データのデータ構造を示す概略図と、サブキャリア選択フラグリストのデータ構造を示す概略図である。

【図10】電波強度粗データのうち、あるサブキャリアの値を短期的に観察したグラフである。

【図11】電波強度粗データのうち、あるサブキャリアの値を長期的に観察したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

[バイタル情報推定装置101：全体構成]

図1は、本発明の実施形態に係るバイタル情報推定装置101の全体構成を示すブロッ

10

20

30

40

50

ク図である。

バイタル情報推定装置 101 と無線 LAN ルータ 102 の間に、被験者 103 がベッド 104 に寝ている。周知のパソコンであるバイタル情報推定装置 101 は、無線 LAN インターフェース (図 3 にて後述) を内蔵しており、同様に無線 LAN インターフェース (図 2 にて後述) を内蔵する無線 LAN ルータ 102 と無線通信を行う。

無線 LAN ルータ 102 とバイタル情報推定装置 101 は、IEEE 802.11 シリーズに準拠する無線 LAN の通信方式にて無線通信を行う。特に、IEEE 802.11 a または IEEE 802.11 g における二次変調方式に採用される OFDM (orthogonal frequency division multiplexing: 直交周波数分割多重方式) を変復調に利用する。これらのプロトコルは、互いに 90° 位相が異なる 30 サブキャリアを用いて、通信を行う。

10

【0011】

無線 LAN ルータ 102 は図示しないインターネットに接続されている。

バイタル情報推定装置 101 は、一般的なパソコンと同様に、無線 LAN ルータ 102 を介してインターネットに接続し、web ブラウザを用いて任意の web サイトを閲覧する等の機能を有する。そしてバイタル情報推定装置 101 はこの他に、無線 LAN ルータ 102 との無線通信を実行する際に、無線 LAN ルータ 102 から受信する電波の強度をリアルタイムに取得する。そして、電波の強度に重畳している被験者 103 のバイタル情報を推定する。

【0012】

なお、図 1 ではバイタル情報推定装置 101 と通信を行う装置として、無線 LAN ルータ 102 を例示しているが、必ずしも無線 LAN ルータ 102 である必要はない。例えばパソコンやスマートフォン等、バイタル情報推定装置 101 と無線 LAN にて無線通信を実行することができる装置であればよい。これ以降、実施形態は無線 LAN ルータ 102 で説明するが、バイタル情報推定装置 101 と無線 LAN にて無線通信を実行する装置を無線 LAN ルータ 102 に特定しない場合には「無線通信装置」と呼ぶ。

20

【0013】

[無線 LAN ルータ 102 : ハードウェア構成]

図 2 は、無線 LAN ルータ 102 のハードウェア構成を示すブロック図である。

マイコンよりなる無線 LAN ルータ 102 は、バス 201 に接続された、CPU 202、ROM 203、RAM 204、フラッシュメモリ等の不揮発性ストレージ 205 を備える。

30

バス 201 には更に、ネットワークインターフェース (図 2 中「NIC」と表記) 206 及び無線 LAN インターフェース (図 2 中「無線 LAN I/F」と表記) 207 が接続されている。

不揮発性ストレージ 205 には、ネットワーク OS と、マイコンを無線 LAN ルータ 102 として稼働させるためのプログラムが格納されている。

【0014】

[バイタル情報推定装置 101 : ハードウェア構成]

図 3 は、バイタル情報推定装置 101 のハードウェア構成を示すブロック図である。

周知のパソコンであるバイタル情報推定装置 101 は、バス 301 に接続された、CPU 302、ROM 303、RAM 304、液晶ディスプレイ等の表示部 305、キーボード及びマウス等のポインティングデバイスである操作部 306、不揮発性ストレージ 307 を備える。

40

バス 301 には更に、無線 LAN インターフェース (図 3 中「無線 LAN I/F」と表記) 308 が接続されている。

不揮発性ストレージ 307 には、ネットワーク OS と、パソコンをバイタル情報推定装置 101 として稼働させるためのプログラムが格納されている。

【0015】

[バイタル情報推定装置 101 : 学習フェーズにおけるソフトウェア機能]

50

図4は、バイタル情報推定装置101の、学習フェーズにおけるソフトウェア機能を示すブロック図である。なお、無線LANルータ102のソフトウェア機能ブロックも図示している。

無線LANルータ102は、情報処理部401を通じて所定のデータを送信部402から電波に載せてバイタル情報推定装置101へ送信する。

また逆に、無線LANルータ102はバイタル情報推定装置101から送信される電波を受信部403で受信し、復調してデータを取得する。

【0016】

バイタル情報推定装置101は、無線LANルータ102から送信される電波を受信部405で受信する。また逆に、バイタル情報推定装置101は情報処理部406を通じて所定のデータを送信部407から電波に載せて無線LANルータ102へ送信する。

受信部405は受信した電波を復調してデータを取得し、情報処理部406に引き渡す。情報処理部406は取得したデータに所定の処理を施し、必要に応じて表示部305に表示する。あるいは、操作部306の操作情報に所定の加工を施してデータを生成し、送信部407を通じて無線LANルータ102へ送信する。

【0017】

受信部405には電波強度取得部408が機能として含まれている。

無線LANの Protokol においては、実質的なデータの送受信を行っていないときも、1秒間に50回、パケットの送受信が行われる。このパケットはOFDMにて変調された電波である。電波強度取得部408は、パケット1個につき、30サブキャリア分の電波強度の集合体である電波強度生データを出力する。

【0018】

電波強度取得部408が出力する電波強度生データは、電波強度バッファ409に格納される。電波強度バッファ409はRAM上に形成されるリングバッファである。電波強度バッファ409は、電波強度生データを最低2分だけ記憶する。すなわち電波強度バッファ409には、1秒当たりパケット50個×60秒×2分×30サブキャリア=180000個の電波強度生データが格納される。なお、電波強度生データは、1サブキャリア当たり6000個になる。

【0019】

電波強度バッファ409に格納された電波強度生データは、バンドパスフィルタ(図4中「BPF」と略記、以下「BPF」と略)410に入力される。BPF410は電波強度生データに対するノイズフィルタとして機能し、30サブキャリア毎に上限周波数及び下限周波数でフィルタリングを施す。なお、BPF410を通すことで、電波強度生データに含まれるDC成分は除去される。

BPF410を通過した電波強度生データは、更に移動平均演算部411に入力される。移動平均演算部411は、30サブキャリア毎に周知の移動平均演算処理を施す。こうして、移動平均演算部411は電波強度粗データ412を出力する。

【0020】

電波強度粗データ412は有効データ選択処理部413に入力される。次に、図5を参照して、有効データ選択処理部413の処理を説明する。

図5は、有効データ選択処理部413のソフトウェア機能を示すブロック図である。

先ず、電波強度粗データ412は、最大値検出部501に入力される。最大値検出部501は、30サブキャリア毎の最大値を検出し、30サブキャリア毎の最大値を列挙した最大値リスト502を出力する。

【0021】

最大値検出部501が出力した最大値リスト502は、第一サブキャリア選択部503に入力される。第一サブキャリア選択部503は内部にコンパレータ504を内蔵する。コンパレータ504は30サブキャリア毎の最大値を予め定めた最大値閾値505と比較する。比較の結果、最大値閾値505以上の最大値を有するサブキャリアについては論理の「真」を出力する。出力した論理値は、サブキャリア選択フラグリスト506に記憶さ

10

20

30

40

50

れる。つまり、最大値閾値 505 以上の最大値を有するサブキャリアは、サブキャリア選択フラグリスト 506 において論理の「真」が記憶される。逆に、最大値閾値 505 未満の最大値を有するサブキャリアは、サブキャリア選択フラグリスト 506 において論理の「偽」が記憶される。

【0022】

サブキャリア選択フラグリスト 506 は、第一検査部 507 に入力される。第一検査部 507 は、サブキャリア選択フラグリスト 506 に含まれる論理の「真」のレコードの数が、予め定められた既定値以上であるか否かを確認する。例えば、予め定めた既定値は 8 サブキャリアに設定されるものとする。

仮に、論理の「真」のレコード数が既定値に満たない場合には、第一検査部 507 は入出力制御部 414 (図 4 参照) にその旨を通知する。入出力制御部 414 はこの通知を受けると、これ以降の処理を中断し、新たな電波強度生データに対して、BPF 410 から処理を再開する。

もし、論理の「真」のレコード数が既定値に達している場合には、第一検査部 507 はピーク間隔検出部 508 を起動する。

【0023】

ピーク間隔検出部 508 は、電波強度粗データ 412 とサブキャリア選択フラグリスト 506 を読み込む。そして、電波強度粗データ 412 のうち、サブキャリア選択フラグリスト 506 にて論理の「真」のフラグが付されているサブキャリアに限って、ピーク間隔検出部 508 は、電波強度を時間軸で見た時の波形のピークを検出する。そして、ピークとピークの時間間隔をサブキャリア毎に出力する。こうして、ピーク間隔検出部 508 はピークとピークの時間間隔をサブキャリア毎に列挙したピーク間隔リスト 509 を出力する。

なお、これ以降に説明する処理において「サブキャリア毎に」と書かれる処理は、サブキャリア選択フラグリスト 506 にて論理の「真」のフラグが付されているサブキャリアに限定される。すなわち、サブキャリア選択フラグリスト 506 は、最終的に有効なデータであるサブキャリアを示すためのフラグのリストである。

【0024】

ピーク間隔リスト 509 は第二サブキャリア選択部 510 に入力される。第二サブキャリア選択部 510 は内部に標準偏差演算部 511 とコンパレータ 512 を内蔵する。標準偏差演算部 511 は、サブキャリア毎にピーク間隔の標準偏差を算出する。次に、コンパレータ 512 は標準偏差演算部 511 が算出した標準偏差を予め定めた標準偏差閾値 513 と比較する。比較の結果、標準偏差閾値 513 未満の標準偏差を有するサブキャリアについては論理の「真」を出力する。出力した論理値は、サブキャリア選択フラグリスト 506 に記憶される。つまり、ピーク間隔の標準偏差が標準偏差閾値 513 未満であるサブキャリアは、サブキャリア選択フラグリスト 506 において論理の「真」が記憶される。逆に、ピーク間隔の標準偏差が標準偏差閾値 513 以上であるサブキャリアは、サブキャリア選択フラグリスト 506 において論理の「偽」が記憶される。

ピーク間隔の標準偏差が標準偏差閾値 513 未満である、ということは、ピーク間隔の周期性が所定の値以上であることを意味する。

【0025】

サブキャリア選択フラグリスト 506 は、第二検査部 514 に入力される。第二検査部 514 は、第一検査部 507 と同様に、サブキャリア選択フラグリスト 506 に含まれる論理の「真」のレコードの数が、予め定められた既定値 (例えば 8 サブキャリア) 以上であるか否かを確認する。

もし、論理の「真」のレコード数が既定値に満たない場合には、第二検査部 514 は入出力制御部 414 にその旨を通知する。入出力制御部 414 はこの通知を受けると、これ以降の処理を中断し、新たな電波強度生データに対して、BPF 410 から処理を再開する。

もし、論理の「真」のレコード数が既定値に達している場合には、第二検査部 514 は

10

20

30

40

50

平均値算出部 5 1 5 を起動する。

【 0 0 2 6 】

平均値算出部 5 1 5 は、電波強度粗データ 4 1 2 とサブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 を読み込む。そして、電波強度粗データ 4 1 2 のうち、サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 にて論理の「真」のフラグが付されているサブキャリアに限り、当該サブキャリアの平均値を算出する。こうして、平均値算出部 5 1 5 は平均値をサブキャリア毎に列挙した平均値リスト 5 1 6 を出力する。

【 0 0 2 7 】

平均値リスト 5 1 6 は第三サブキャリア選択部 5 1 7 に入力される。第三サブキャリア選択部 5 1 7 は内部にコンパレータ 5 1 8 を内蔵する。コンパレータ 5 1 8 は平均値リスト 5 1 6 に格納されているサブキャリア毎の平均値を予め定めた平均値閾値 5 1 9 と比較する。比較の結果、平均値閾値 5 1 9 以上の平均値を有するサブキャリアについては論理の「真」を出力する。出力した論理値は、サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 に記憶される。つまり、平均値が平均値閾値 5 1 9 以上であるサブキャリアは、サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 において論理の「真」が記憶される。逆に、平均値が平均値閾値 5 1 9 未満であるサブキャリアは、サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 において論理の「偽」が記憶される。

【 0 0 2 8 】

サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 は、第三検査部 5 2 0 に入力される。第三検査部 5 2 0 は、第一検査部 5 0 7 及び第二検査部 5 1 4 と同様に、サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 に含まれる論理の「真」のレコードの数が、予め定められた既定値（例えば 8 サブキャリア）以上であるか否かを確認する。

もし、論理の「真」のレコード数が既定値に満たない場合には、第三検査部 5 2 0 は入出力制御部 4 1 4 にその旨を通知する。入出力制御部 4 1 4 はこの通知を受けると、これ以降の処理を中断し、新たな電波強度生データに対して、BPF 4 1 0 から処理を再開する。

もし、論理の「真」のレコード数が既定値に達している場合には、第二検査部 5 1 4 はサブキャリア選択出力部 5 2 1 を起動する。

【 0 0 2 9 】

サブキャリア選択出力部 5 2 1 は、電波強度粗データ 4 1 2 と平均値リスト 5 1 6 を読み込む。そして、サブキャリア毎に平均値リスト 5 1 6 に格納されている各サブキャリアの平均値により電波強度粗データ 4 1 2 の並べ替え（sort:ソート）を行い、上位から予め定められた既定値だけ（例えば 8 サブキャリア）を抜粋する。

サブキャリア選択出力部 5 2 1 が電波強度粗データ 4 1 2 から抜粋したサブキャリアのデータは、基本データ 4 1 5 として出力される。

【 0 0 3 0 】

基本データ 4 1 5 は、電波強度粗データ 4 1 2 のうち、平均値の大きい順から所定のサブキャリア数（例えば 8 サブキャリア）だけ抜粋されたものである。このため、基本データ 4 1 5 のデータ構造は、サブキャリアの番号にかかわらず、平均値の大きい順から並べ替えられている。

なお、サブキャリア選択出力部 5 2 1 はサブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 を読み込まない。何故なら、第三検査部 5 2 0 による検査を正常終了した時点で、サブキャリア選択出力部 5 2 1 が所定のサブキャリア数を選択するので、サブキャリア選択フラグリスト 5 0 6 はその役目を終えているからである。

【 0 0 3 1 】

再び、図 4 に戻って、処理の説明を続ける。

有効データ選択処理部 4 1 3 が出力した基本データ 4 1 5 は、回帰学習部 4 1 6 に入力される。

回帰学習部 4 1 6 には、被験者 1 0 3 の体表面に貼付する形態の不図示のバイタル計測装置によって測定した教師データである呼吸数測定データ 4 1 7 と心拍数測定データ 4 1

10

20

30

40

50

8 が、基本データ 4 1 5 と共にリアルタイムで与えられている。すると、回帰学習部 4 1 6 は、これらのデータの回帰学習処理を実行して、回帰学習パラメータ 4 1 9 を出力する。なお、回帰学習部 4 1 6 としては、例えばサポートベクター回帰 (Support Vector Regression: S V R、以下「S V R」と略) が用いられる。

【 0 0 3 2 】

一方、有効データ選択処理部 4 1 3 が出力した基本データ 4 1 5 は、分類学習部 4 2 0 にも入力される。

分類学習部 4 2 0 には、被験者 1 0 3 の状態を示す教師データである状態ラベル 4 2 1 を、基本データ 4 1 5 と共にリアルタイムで与えられている。すると、分類学習部 4 2 0 は、状態ラベル 4 2 1 と基本データ 4 1 5 について分類学習処理を実行し、分類学習パラメータ 4 2 2 を出力する。なお、分類学習部 4 2 0 としては、例えばサポートベクターマシン (Support Vector Machine: S V M、以下「S V M」と略) が用いられる。また、状態ラベル 4 2 1 のラベルは以下の 3 通りが考えられる。

(1) 被験者 1 0 3 が仰向けまたは横方向に寝ている状態で、正常な呼吸を行っている「通常状態」。

(2) 被験者 1 0 3 が仰向けまたは横方向に寝ている状態で、呼吸が止まっている「無呼吸状態」。

(3) 被験者 1 0 3 がうつ伏せに寝ている「うつ伏せ状態」。

【 0 0 3 3 】

回帰学習部 4 1 6 が出力する回帰学習パラメータ 4 1 9 と、分類学習部 4 2 0 が出力する分類学習パラメータ 4 2 2 は、バイタル情報推定装置 1 0 1 の不揮発性ストレージ 3 0 7 にファイルとして保持される。そして、後述する推定フェーズにおいて使用される。

【 0 0 3 4 】

入出力制御部 4 1 4 は、バイタル情報推定装置 1 0 1 の、電波強度バッファ 4 0 9 から回帰学習部 4 1 6 及び分類学習部 4 2 0 のデータ処理のシーケンス制御を実行する。電波強度バッファ 4 0 9 に格納される電波強度生データは、2 分という長い時間幅を有する。バイタル情報推定装置 1 0 1 の処理能力を効果的に使用するために、電波強度取得部 4 0 8 から出力される電波強度生データを 2 分毎に区切って処理を行うのではなく、先行するデータの処理が終わった時点でリングバッファである電波強度バッファ 4 0 9 から順次取り出して処理を行うことが望ましい。

【 0 0 3 5 】

例えば、電波強度バッファ 4 0 9 に 1 5 時 3 0 分 1 3 秒から 1 5 時 3 0 分 1 5 秒までの電波強度生データが格納されている状態で、1 5 時 3 0 分 1 5 秒に処理を開始して、1 5 時 3 0 分 1 6 秒に処理を完遂したとする。この時点で、電波強度バッファ 4 0 9 には 1 5 時 3 0 分 1 4 秒から 1 5 時 3 0 分 1 6 秒までの電波強度生データが格納されている。そこで、電波強度バッファ 4 0 9 から即座に 1 5 時 3 0 分 1 4 秒から 1 5 時 3 0 分 1 6 秒までの電波強度生データを取り出して処理を実行する。

【 0 0 3 6 】

[バイタル情報推定装置 1 0 1 : 推定フェーズにおけるソフトウェア機能]

図 6 は、バイタル情報推定装置 1 0 1 の推定フェーズにおけるソフトウェア機能を示すブロック図である。

なお、図 6 において、図 4 と同じ機能ブロックについては同一の符号を付して、説明を省略する。すなわち、図 4 と図 6 との相違点は、基本データ 4 1 5 を処理する回帰推定部 6 0 1、分類推定部 6 0 2 以降の機能ブロックのみである。図 4 と図 6 は、基本データ 4 1 5 を生成する処理までは同一である。

【 0 0 3 7 】

有効データ選択処理部 4 1 3 が出力した基本データ 4 1 5 は、回帰推定部 6 0 1 に入力される。

回帰推定部 6 0 1 は、基本データ 4 1 5 がリアルタイムで与えられると、回帰学習パラメータ 4 1 9 を読み込んで回帰推定処理を実行し、被験者 1 0 3 の呼吸数推定データ 6 0

10

20

30

40

50

3と心拍数推定データ604を出力する。

【0038】

一方、有効データ選択処理部413が出力した基本データ415は、分類推定部602にも入力される。

分類推定部602は、基本データ415がリアルタイムで与えられると、分類学習パラメータ422を読み込んで分類推定処理を実行し、被験者103の推定状態ラベル605を出力する。この推定状態ラベル605は、被験者103が通常状態であるか、無呼吸状態であるか、あるいはうつ伏せ状態であることを示す。

【0039】

回帰推定部601が出力する呼吸数推定データ603及び心拍数推定データ604と、分類推定部602が出力する推定状態ラベル605は、バイタル情報推定装置101の表示部305に表示され、あるいは不揮発性ストレージ307に記憶される。他にも、任意の情報処理装置へ出力されて、様々な用途に供される。特に、推定状態ラベル605が無呼吸状態及びうつ伏せ状態である場合は、被験者103が健康上危険な状態に陥る可能性が高いので、何らかのアラームを発することが好ましい。

10

【0040】

入出力制御部414は、バイタル情報推定装置101の、電波強度バッファ409から回帰推定部601及び分類推定部602のデータ処理のシーケンス制御を実行する。電波強度バッファ409に格納される電波強度生データは、2分という長い時間幅を有する。しかし、バイタル情報推定装置101のリアルタイム性を確保するために、電波強度取得部408から出力される電波強度生データを2分毎に区切って処理を行う必要はなく、先行するデータの処理が終わった時点で、リングバッファである電波強度バッファ409から順次取り出して処理を行うことが望ましい。

20

【0041】

図4、図5及び図6を見てわかるように、BPF410、移動平均演算部411、有効データ選択処理部413、回帰学習部416、分類学習部420、回帰推定部601、分類推定部602は、プログラムで構成される。また、バイタル情報推定装置101は一般的なパソコンであり、無線LANルータ102も市販品に何ら手を加えることなくそのまま利用できる。すなわち、汎用機器に本発明に係るプログラムを実行することで、本発明に係るバイタル情報推定装置101を実現できる。

30

【0042】

[データ構造]

図7は、無線LANのサブキャリアを示す模式図である。横軸は周波数であり、縦軸はレベルである。

OFDMを採用する無線LANの電波は、互いに90°の位相差を有する30サブキャリアにて構成される。90°の位相差があるため、隣接するサブキャリア同士は混変調の影響を受けないという利点がある。

【0043】

図8は、無線LANのパケットの電波強度をサブキャリア毎に周波数軸上及び時間軸上に展開した模式図である。

40

無線通信装置は、1秒間に50回、パケットをバイタル情報推定装置101へ送信する。このパケットは前述の通り、30サブキャリアを含む。

図4を見ると、無線通信装置から送信されるパケットがバイタル情報推定装置101に到達する途中に、被験者103が存在する。被験者103の心拍によって生じる血液の流れや、被験者103の呼吸は、パケットに対して何らかの変調となってパケットに重畳される。すなわち、無線LANのパケットは50Hzのサンプリングクロックで被験者103のバイタル情報を検出する信号であると考えられる。被験者103のバイタル情報は、図8に示されるパケットの電波強度の、時間軸上の振幅や位相の変動等に現れるものと考えられる。

【0044】

50

一方、無線通信全般に言えることであるが、無線通信にはフェージングやノイズの混入等、信号の品質を悪化させる要素が多く重畳される。またこれらノイズ要素は、全てのサブキャリアに対して一様に生じることは少なく、サブキャリア毎にランダムに発生することが多い。

単一の周波数の電波で被験者 103 のバイタル情報をサンプリングしようとする、上述のノイズ要素によって S/N 比が悪化し、バイタル情報の推定が正常に行われない。しかし、複数の周波数の電波であれば、ある 1 個の周波数の電波の S/N 比が悪化しても、他の周波数の電波で補完することが可能になる。

OFDM は、一つの通信において複数のサブキャリアを持つので、本発明のバイタル情報推定装置 101 に適している。

【0045】

被験者のバイタル情報の取得を変動等が大きい電波を用いて行うため、ノイズ除去や不適切なデータの排除等の前処理が重要になる。このため、本発明の実施形態に係るバイタル情報推定装置 101 では、BPF 410 で不要な高周波成分と DC 成分を除去し、移動平均演算部 411 で変動成分が抑制された電波強度粗データ 412 を得た。その上で更に、有効データ選択処理部 413 にて、電波強度粗データ 412 に 3 つの条件を課して、電波強度粗データ 412 のうち有効なサブキャリアのデータのみで構成される基本データ 415 を生成した。

【0046】

改めて以下に、有効データ選択処理部 413 にて実行する 3 つの条件を列挙する。

< 第一の条件 >

最大値検出部 501 にて、サブキャリア毎の電波強度の最大値を取得する。

そして、第一サブキャリア選択部 503 にて、電波強度の最大値が所定の最大値閾値 505 以上（電波強度が所定値以上である）のサブキャリアのみ選択する。

但し、選択されたサブキャリア数が規定サブキャリア数に満たない場合には、第一検査部 507 にて現在処理中の電波強度粗データ 412 を破棄する。

【0047】

< 第二の条件 >

第一の条件をクリアしたサブキャリアについて、ピーク間隔検出部 508 にてサブキャリア毎のピーク同士の間隔を計測し、標準偏差演算部 511 にてそれら間隔の標準偏差を算出する。

そして、第二サブキャリア選択部 510 にて、標準偏差が所定の標準偏差閾値 513 を下回る（周期性が所定値以上である）サブキャリアのみ選択する。

但し、選択されたサブキャリア数が規定サブキャリア数に満たない場合には、第二検査部 514 にて現在処理中の電波強度粗データ 412 を破棄する。

【0048】

< 第三の条件 >

第一及び第二の条件をクリアしたサブキャリアについて、平均値算出部 515 にて電波強度の平均値を算出する。

そして、第三サブキャリア選択部 517 にて、平均値が所定の平均値閾値 519 以上のサブキャリアのみ選択する。

次に、サブキャリア選択出力部 521 にて、電波強度の強い順から規定サブキャリア数のデータのみ選択し、基本データ 415 を出力する。

但し、選択されたサブキャリア数が規定サブキャリア数に満たない場合には、第三検査部 520 にて現在処理中の電波強度粗データ 412 を破棄する。

【0049】

有効データ選択処理部 413 にて選択され、電波強度の平均値の大きい順に並べ替えられた基本データ 415 を生成することで、電波強度のデータを機械学習処理に適した形式に変換することができる。

【0050】

10

20

30

40

50

図9 Aは、電波強度生データ及び電波強度粗データ4 1 2のデータ構造を示す概略図である。

第一サブキャリアから第三十サブキャリアまで、30のサブキャリア毎に、時刻t 0 0 1から時刻t 6 0 0 0まで、パケットの電波強度が格納される。

第一サブキャリアの時刻t 0 0 1にはデータD A 9 0 1が、時刻t 0 0 2にはデータD A 9 0 2が、時刻t 6 0 0 0にはデータD A 9 6 0 0 0が、格納される。

第二サブキャリアの時刻t 0 0 1にはデータD B 9 0 1が、時刻t 0 0 2にはデータD B 9 0 2が、時刻t 6 0 0 0にはデータD B 9 6 0 0 0が、格納される。

第三十サブキャリアの時刻t 0 0 1にはデータD A D 9 0 1が、時刻t 0 0 2にはデータD A D 9 0 2が、時刻t 6 0 0 0にはデータD A D 9 6 0 0 0が、格納される。

10

【0051】

図9 Bは、サブキャリア選択フラグリスト5 0 6のデータ構造を示す概略図である。

サブキャリア選択フラグリスト5 0 6には、第一サブキャリアから第三十サブキャリアまで、30のサブキャリア毎に、当該サブキャリアが有効であるか否かを示すフラグが格納される。図9 B中、論理の「真」を「OK」、論理の「偽」を「NG」と表記している。

【0052】

図10は、電波強度粗データ4 1 2のうち、あるサブキャリアの値を短期的に観察したグラフである。横軸は時間であり、縦軸は電波強度の変動値である。縦軸は電波強度そのものではなく、BPF 4 1 0を通過しているため、電波強度のDC成分が除去されていることに注意されたい。

20

サブキャリアの波形自体は、心拍に類似する波形である。したがって、この波形のピーク同士から心拍を推定することが可能になる。

波形W 1 0 0 1及び波形W 1 0 0 2は、呼吸による影響によって、心拍を表すピークの振幅に変動が生じる有り様を示している。

拡大波形W 1 0 0 3は、心拍による影響によって、心拍のピークとピークの間に変動が生じる有り様を示している。

回帰推定部6 0 1は、これら波形の特徴を捉えて、呼吸数及び心拍数の推定データを出力する。

【0053】

30

図11は、電波強度粗データ4 1 2のうち、あるサブキャリアの値を長期的に観察したグラフである。横軸は時間であり、縦軸は電波強度の変動値である。

図11に示すグラフは、被験者1 0 3が通常状態にあるとき、無呼吸状態にあるとき、寝返り動作を行ったとき、うつ伏せ状態にあるときの4種類の状態を示している。

波形W 1 1 0 1は、被験者1 0 3が通常状態にある時の電波強度の変動値の波形である。

被験者1 0 3が通常状態では、電波強度の変動値の振幅は±0.2程度と、比較的大きめである。

波形W 1 1 0 2は、被験者1 0 3が無呼吸状態にある時の電波強度の変動値の波形である。

40

被験者1 0 3が無呼吸状態では、電波強度の変動値の振幅は±0.1未満程度と、極端に小さくなる。

波形W 1 1 0 3は、被験者1 0 3が寝返り動作を行った時の電波強度の変動値の波形である。

被験者1 0 3が寝返り動作を行ったときには、電波強度の変動値に大きな変化が生じる。

波形W 1 1 0 3 h 4は、被験者1 0 3がうつ伏せ状態にある時の電波強度の変動値の波形である。

被験者1 0 3がうつ伏せ状態では、電波強度の変動値の振幅は±0.1程度であるが、電波強度の変動値の上昇と下降に偏りが生じる、特徴的な波形が現れる。

50

分類推定部 602 は、これら波形の特徴を捉えて、被験者 103 が通常状態であるか、無呼吸状態であるか、あるいはうつ伏せ状態であるかを推定し、推定状態ラベル 605 を出力する。

【0054】

以上説明した本発明の実施形態は、以下のような変形例を採り得る。

(1) 回帰推定部 601 には、SVR の他、以下に示す教師あり回帰学習アルゴリズムが利用可能である。

線形回帰、ロジスティクス回帰、回帰木、AR, MA, (s)ARIMA モデル、状態空間モデル、ランダムフォレスト、勾配ブースティング木、パーセプトロン、CNN、RNN、ResNet

(2) 分類推定部 602 には、SVM の他、以下に示す教師あり分類学習アルゴリズムが利用可能である。

決定木、ナイーブベイズ、KNN、ブースティング、ランダムフォレスト、勾配ブースティング木、パーセプトロン、CNN、RNN、ResNet

(3) 本発明の実施形態に係るバイタル情報推定装置 101 が使用する無線通信は、OFDM 等の、複数のサブキャリアを用いる無線通信方式であれば、必ずしも無線 LAN でなくてもよい。例えば第 3、9 世代移動通信システム、第 4 世代移動通信システム等が挙げられる。

【0055】

本発明の実施形態においては、バイタル情報推定装置 101 を開示した。

OFDM を用いる無線通信装置とバイタル情報推定装置 101 との間に被験者 103 を寝かせる。すると、無線通信のパケットに被験者 103 のバイタル情報に基づく変調が生じる。この変調成分を抽出して推定するために、パケットの電波強度データをサブキャリア毎に取得する。取得したサブキャリア毎の電波強度データに、BPF 410、移動平均演算部 411 で波形整形を行って電波強度粗データ 412 を生成する。その後、電波強度粗データ 412 から、最大値が最大値閾値 505 以上、かつピーク間隔の標準偏差が標準偏差閾値 513 未満、かつ平均値が平均値閾値 519 以上であるサブキャリアのデータのみ抜粋する。そして平均値の大きい順にサブキャリア毎のデータを並べ替えた後、回帰推定部 601 で呼吸数推定データ 603 及び心拍数推定データ 604 を分類推定部 602 で推定状態ラベル 605 を出力する。

【0056】

以上の処理は全てソフトウェアにて実行が可能であり、特殊なハードウェア等を作成する必要が全くない。このため、既存の設備をそのまま流用して、被験者 103 のバイタル情報を推定することが可能である。すなわち、既存の設備にソフトウェアをインストールするだけで、極めて低コストにて、独居老人の見守りや、乳幼児の見守り等を実現することが可能である。

【0057】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、他の変形例、応用例を含む。

【0058】

101 バイタル情報推定装置、102 無線 LAN ルータ、103 被験者、104 ベッド、201 バス、202 CPU、203 ROM、204 RAM、205 不揮発性ストレージ、206 ネットワークインターフェース、207 無線 LAN インターフェース、301 バス、302 CPU、303 ROM、304 RAM、305 表示部、306 操作部、307 不揮発性ストレージ、308 無線 LAN インターフェース、401 情報処理部、402 送信部、403 受信部、405 受信部、406 情報処理部、407 送信部、408 電波強度取得部、409 電波強度バッファ、410 BPF、411 移動平均演算部、412 電波強度粗データ、413 有効データ選択処理部、414 入出力制御部、415 基本データ、416 回帰学習

10

20

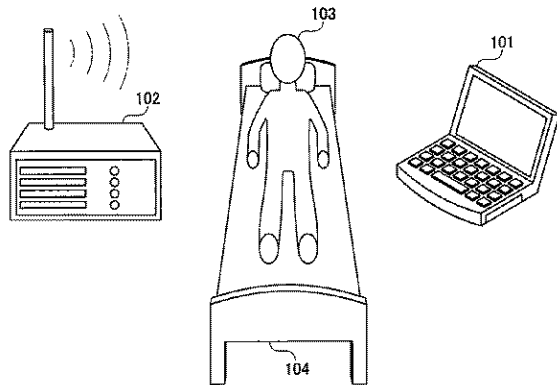
30

40

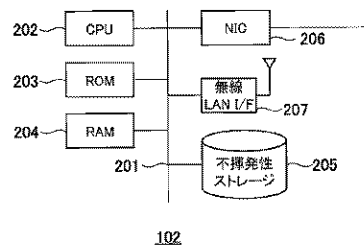
50

部、417 呼吸数測定データ、418 心拍数測定データ、419 回帰学習パラメータ、420 分類学習部、421 状態ラベル、422 分類学習パラメータ、501 値検出部、502 値リスト、503 第一サブキャリア選択部、504 コンパレータ、505 値閾値、506 サブキャリア選択フラグリスト、507 第一検査部、508 ピーク間隔検出部、509 ピーク間隔リスト、510 第二サブキャリア選択部、511 標準偏差演算部、512 コンパレータ、513 標準偏差閾値、514 第二検査部、515 平均値算出部、516 平均値リスト、517 第三サブキャリア選択部、518 コンパレータ、519 平均値閾値、520 第三検査部、521 サブキャリア選択出力部、601 回帰推定部、602 分類推定部、603 呼吸数推定データ、604 心拍数推定データ、605 推定状態ラベル

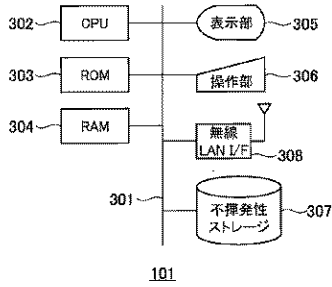
【図1】



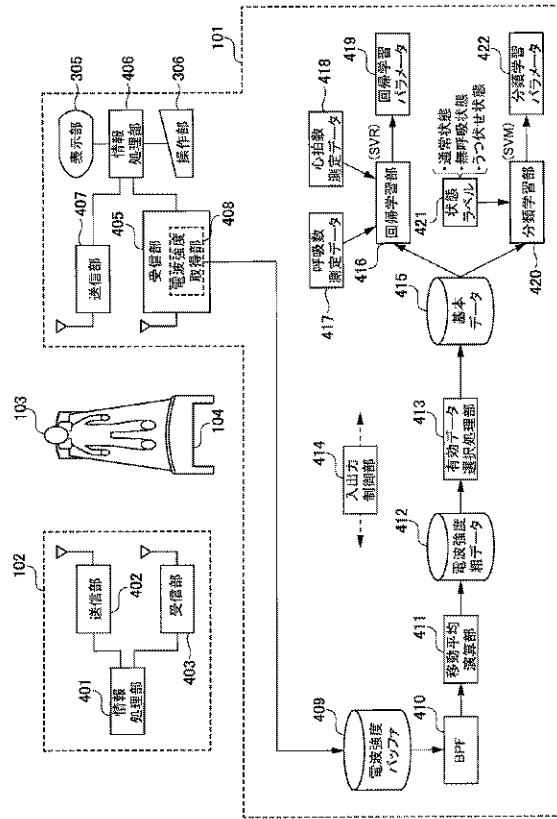
【図2】



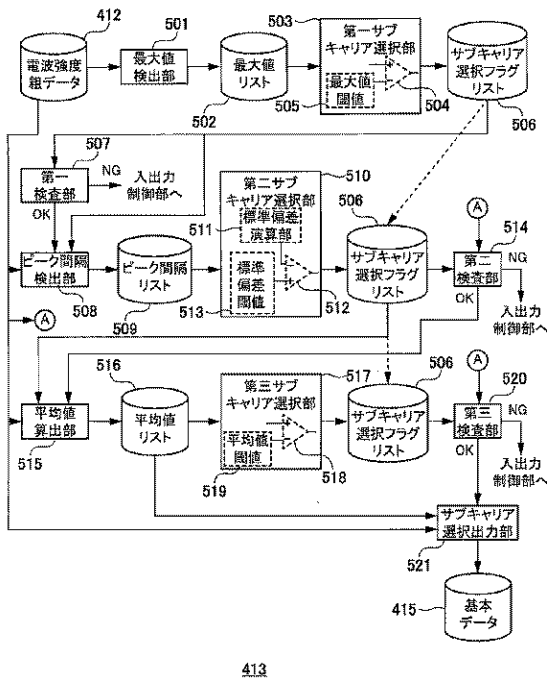
【図3】



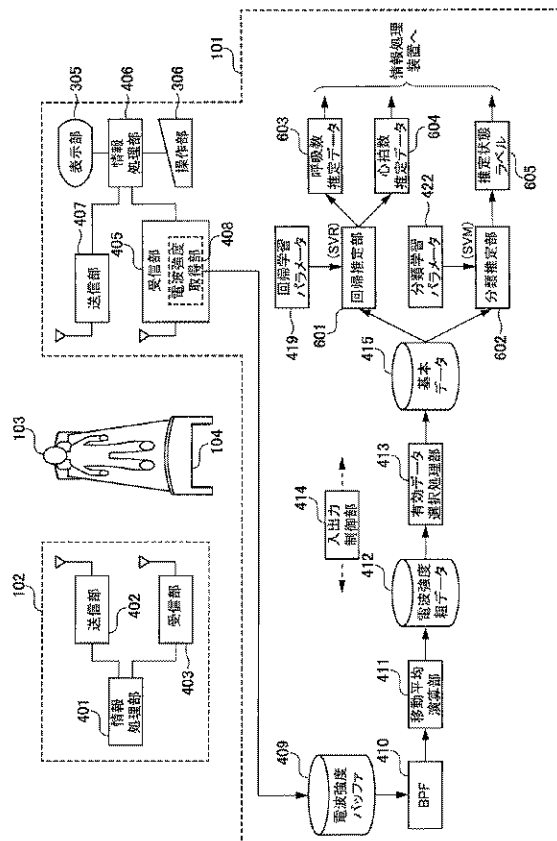
【図4】



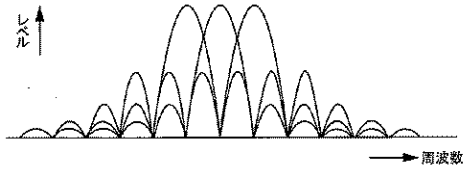
【図5】



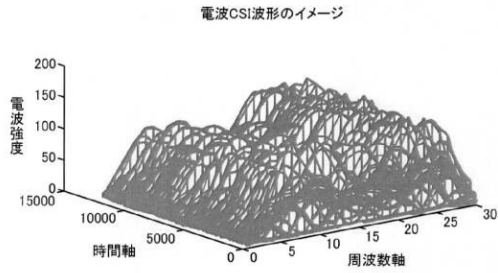
【図6】



【図7】



【図8】

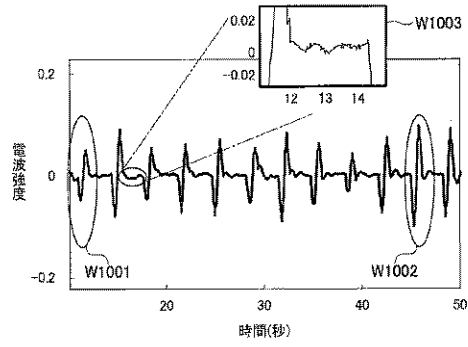


【図9】

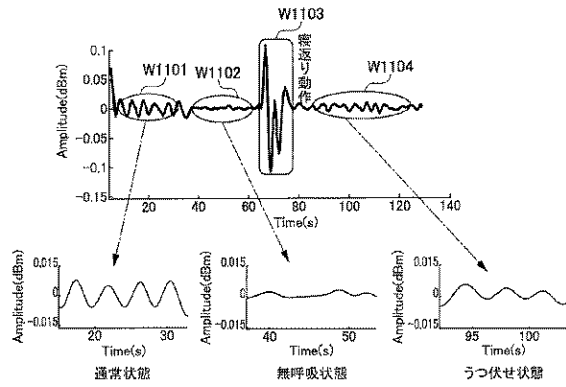
	t001	t002	...	t6000		
第一サブキャリア	DA901	DA902	...	DA96000	第一サブキャリア	OK
第二サブキャリア	DB901	DB902	...	DB96000	第二サブキャリア	NG
...
第三十サブキャリア	DAD901	DAD902	...	DAD96000	第三十サブキャリア	OK

A B

【図10】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C017 AA02 AA09 AA10 AA14 AB04 AC40 BC01 BC11
4C038 SS09 SX05 SX07 VA16 VB33 VC20