

(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2020-195647  
(P2020-195647A)

(43) 公開日 令和2年12月10日(2020.12.10)

| (51) Int. Cl.         | F I              | テーマコード (参考) |
|-----------------------|------------------|-------------|
| A61B 5/11 (2006.01)   | A61B 5/11 110    | 4C017       |
| A61B 5/0245 (2006.01) | A61B 5/0245 100Z | 4C038       |
| G01S 17/10 (2020.01)  | G01S 17/10       | 5J070       |
| G01S 13/56 (2006.01)  | G01S 13/56       | 5J084       |

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

|           |                              |          |  |
|-----------|------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2019-104201 (P2019-104201) | (71) 出願人 | 504133110<br>国立大学法人電気通信大学<br>東京都調布市調布ケ丘一丁目5番地1 |
| (22) 出願日  | 令和1年6月4日(2019.6.4)           | (74) 代理人 | 110000925<br>特許業務法人信友国際特許事務所                   |
|           |                              | (72) 発明者 | 孫 光績<br>東京都調布市調布ケ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内        |
|           |                              | (72) 発明者 | 松島 智哉<br>東京都調布市調布ケ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内       |
|           |                              | (72) 発明者 | 桐本 哲郎<br>東京都調布市調布ケ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内       |
|           |                              | Fターム(参考) | 4C017 AA02 AA10 AA14 AB04 AC40<br>最終頁に続く       |

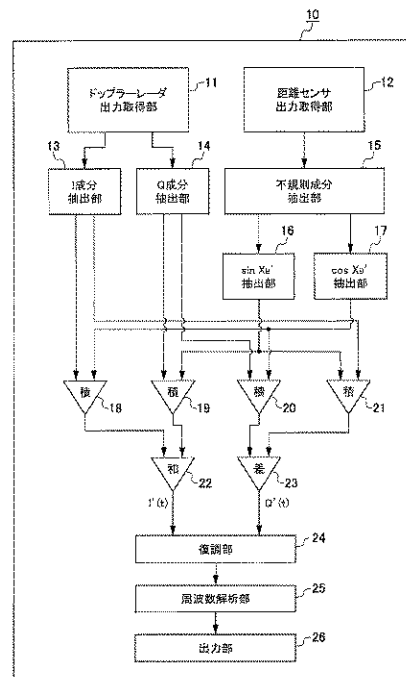
(54) 【発明の名称】非接触バイタルサイン計測装置、非接触バイタルサイン計測方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】非接触でのバイタルサインの計測がリアルタイムで精度よく良好に行えるようにする。

【解決手段】被験者に照射したレーダ出力を取得するレーダ出力取得部11と、距離センサにより得た被験者までの距離の計測信号を取得する距離センサデータ取得部12と、距離センサデータ取得部12が取得した計測信号の変動成分を抽出する不規則成分抽出部15と、不規則成分抽出部が抽出した変動成分を、レーダ出力取得部が取得したレーダ出力の実数成分および虚数成分から減算する演算処理部18~23と、演算処理部18~23で変動成分が減算された実数成分および虚数成分を復調する復調部24と、復調信号を周波数解析してバイタルサイン成分を得る周波数解析部25とを備える。

【選択図】図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

被験者に照射した信号の反射波によるレーダ出力を取得するレーダ出力取得部と、  
距離センサにより得た前記被験者までの距離の計測信号を取得する距離センサデータ取得部と、

前記距離センサデータ取得部が取得した計測信号から変動成分を抽出する不規則成分抽出部と、

前記レーダ出力取得部が取得したレーダ出力から、実数成分および虚数成分を抽出する実数成分抽出部および虚数成分抽出部と、

前記実数成分抽出部および虚数成分抽出部で得た実数成分および虚数成分から、前記不規則成分抽出部が抽出した変動成分を除去する演算を行う演算処理部と、

前記演算処理部での演算で前記変動成分が除去された実数成分および虚数成分のレーダ出力を復調する復調部と、

前記復調部で得られた復調信号を周波数解析して、バイタルサイン成分を得る周波数解析部と、を備える

非接触バイタルサイン計測装置。

## 【請求項 2】

前記不規則成分抽出部は、抽出した変動成分から正弦成分および余弦成分を抽出する正弦成分抽出部および余弦成分抽出部を有し、

前記実数成分抽出部が抽出したレーダ出力の実数成分と、前記余弦成分抽出部が抽出した変動成分の余弦成分との積を得る第 1 の乗算器と、

前記虚数成分抽出部が抽出したレーダ出力の虚数成分と、前記正弦成分抽出部が抽出した変動成分の正弦成分との積を得る第 2 の乗算器と、

前記虚数成分抽出部が抽出したレーダ出力の虚数成分と、前記余弦成分抽出部が抽出した変動成分の余弦成分との積を得る第 3 の乗算器と、

前記実数成分抽出部が抽出したレーダ出力の実数成分と、前記正弦成分抽出部が抽出した変動成分の正弦成分との積を得る第 4 の乗算器と、

前記第 1 の乗算器の出力と前記第 2 の乗算器の出力との和を取る加算器と、

前記第 3 の乗算器の出力と前記第 4 の乗算器の出力との差を取る減算器とを有し、

前記復調部は、前記加算器より前記変動成分が除去された実数成分のレーダ出力を得、  
前記減算器より前記変動成分が除去された虚数成分のレーダ出力を得るようにした

請求項 1 に記載の非接触バイタルサイン計測装置。

## 【請求項 3】

前記不規則成分抽出部は、前記距離センサと前記被験者との距離に基づいて設定した基準距離と、前記距離センサの出力との差分を、不規則成分として抽出する

請求項 1 または 2 に記載の非接触バイタルサイン計測装置。

## 【請求項 4】

被験者に照射した信号の反射波によるレーダ出力を取得するレーダ出力取得処理と、

距離センサにより得た前記被験者までの距離の計測信号を取得する距離センサデータ取得処理と、

前記距離センサデータ取得処理により取得した計測信号から変動成分を抽出する不規則成分抽出処理と、

前記レーダ出力取得処理により取得したレーダ出力から、実数成分および虚数成分を抽出する実数成分および虚数成分の抽出処理と、

前記実数成分および虚数成分の抽出処理で得た実数成分および虚数成分から、前記不規則成分抽出処理で抽出した変動成分を除去する演算を行う演算処理と、

前記演算処理で前記変動成分が除去された実数成分および虚数成分のレーダ出力を復調する復調処理と、

前記復調処理で得られた復調信号を周波数解析して、バイタルサイン成分を得る周波数解析処理と、を含む

10

20

30

40

50

非接触バイタルサイン計測方法。

【請求項 5】

被験者に照射した信号の反射波によるレーダ出力を取得するレーダ出力取得手順と、距離センサにより得た前記被験者までの距離の計測信号を取得する距離センサデータ取得手順と、

前記距離センサデータ取得手順により取得した計測信号から変動成分を抽出する不規則成分抽出手順と、

前記レーダ出力取得手順により取得したレーダ出力から、実数成分および虚数成分を抽出する実数成分および虚数成分の抽出手順と、

前記実数成分および虚数成分の抽出手順で得た実数成分および虚数成分から、前記不規則成分抽出手順で抽出した変動成分を除去する演算を行う演算手順と、

前記演算手順で前記変動成分が除去された実数成分および虚数成分のレーダ出力を復調する復調手順と、

前記復調手順で得られた復調信号を周波数解析して、バイタルサイン成分を得る周波数解析手順と、とをコンピュータ装置に実行させる

プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーダなどを用いて被験者と非接触な状態でバイタルサインを計測する非接触バイタルサイン計測装置、非接触バイタルサイン計測方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、レーダを使って、被験者と非接触な状態で、心拍や呼吸を計測する装置が提案されている。

例えば特許文献 1 には、マイクロ波を被験者に照射し、その反射波を使って呼吸数や心拍数を計測する計測装置が記載されている。

特許文献 1 に記載の技術は、被験者に触れない状態で呼吸数や心拍数を計測することで、被験者への負担を極めて少なくして、被験者の状態を診断することができる。つまり、被験者にとっては、無意識で呼吸数や心拍数を計測することができるので、被験者を診断する用途を拡張することが可能になる。例えば、高齢者が居住する施設において、ベッドで寝ている被験者の呼吸数や心拍数を、非接触で常時計測することができれば、睡眠障害や心臓の異常などを適切に検知できるようになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009 - 172176 号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】C.Gu,G.Wang,Y.Li,T.Inoue,and C.Li, " A hybrid radar camera sensing system with phase compensation for random body movement cancellation in doppler vital sign detection, " IEEE Trans.Microw.Theory Tech.,vol.61,no.12,pp.4678 4688,2013.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

非接触で被験者の呼吸や心拍を計測する場合、呼吸や心拍による体動は微弱であるため、呼吸や心拍以外の不規則な体動が発生すると、呼吸や心拍の正確な算出が困難であった。例えば、ベッドで寝ている被験者の呼吸や心拍を計測する場合、寝返りなどの被験者の

動きがあると、呼吸や心拍の正確な計測ができなくなってしまう。

【0006】

ここで、例えば非特許文献1には、カメラを用いて被験者を撮影し、その撮影画像を使って、不規則な体動成分を除去することが記載されている。しかしながら、非特許文献1に記載された手法では、カメラで計測した不規則な体動のパターンを手動でスケール調整する調整作業が必要であり、調整が適正でないとき体動成分の除去が適切に行うことができないと共に、リアルタイムでの計測には適用できなかった。

【0007】

本発明は、非接触でのバイタルサインの計測が、リアルタイムで良好に行える非接触バイタルサイン計測装置、非接触バイタルサイン計測方法および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】

【0008】

本発明の非接触バイタルサイン計測装置は、被験者に照射した信号の反射波によるレーダ出力を取得するレーダ出力取得部と、距離センサにより得た被験者までの距離の計測信号を取得する距離センサデータ取得部と、距離センサデータ取得部が取得した計測信号から変動成分を抽出する不規則成分抽出部と、レーダ出力取得部が取得したレーダ出力から、実数成分および虚数成分を抽出する実数成分抽出部および虚数成分抽出部と、実数成分抽出部および虚数成分抽出部で得た実数成分および虚数成分から、不規則成分抽出部が抽出した変動成分を除去する演算を行う演算処理部と、演算処理部での演算で変動成分が除去された実数成分および虚数成分のレーダ出力を復調する復調部と、復調部で得られた復調信号を周波数解析して、バイタルサイン成分を得る周波数解析部と、を備える。

【0009】

また、本発明の非接触バイタルサイン計測方法は、被験者に照射した信号の反射波によるレーダ出力を取得するレーダ出力取得処理と、距離センサにより得た被験者までの距離の計測信号を取得する距離センサデータ取得処理と、距離センサデータ取得処理により取得した計測信号から変動成分を抽出する不規則成分抽出処理と、レーダ出力取得処理により取得したレーダ出力から、実数成分および虚数成分を抽出する実数成分および虚数成分の抽出処理と、実数成分および虚数成分の抽出処理で得た実数成分および虚数成分から、不規則成分抽出処理で抽出した変動成分を除去する演算を行う演算処理と、演算処理で変動成分が除去された実数成分および虚数成分のレーダ出力を復調する復調処理と、復調処理で得られた復調信号を周波数解析して、バイタルサイン成分を得る周波数解析処理と、を含む。

【0010】

また、本発明のプログラムは、上述した非接触バイタルサイン計測方法の各処理を行う手順をコンピュータ装置に実行させるプログラムとしたものである。

【発明の効果】

【0011】

本発明によると、少ない計算量で手動での調整も必要とせず、精度の高いバイタルサインの非接触での計測が、リアルタイム性を持って行えるようになる。特に本発明の場合、レーダ出力の実数成分と虚数成分のそれぞれから変動成分を除去した上で、復調するようにしたことで、簡単な復調処理で変動成分が除去されたバイタルサイン成分がリアルタイムで得られるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の一実施の形態例による計測状態の一例を示す図である。

【図2】本発明の一実施の形態例による非接触バイタルサイン計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施の形態例によるドップラーレーダの構成例を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図4】本発明の一実施の形態例によるハードウェア構成の例を示すブロック図である。

【図5】本発明の一実施の形態例による計測処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】本発明の一実施の形態例による不規則な体動成分の判断処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】本発明の一実施の形態例による計測状態をテストするための構成を示す図である。

【図8】図7に示す構成でテストしたときの計測結果を示す特性図である。

【図9】本発明の一実施の形態例による計測例（A：仰臥位で体動少、B：座位で体動中）を示す特性図である。

【図10】本発明の一実施の形態例による計測結果の誤差率を比較した特性図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の一実施の形態例（以下、「本例」と称する。）を、図2～図10を参照して説明する。

[1. 非接触バイタルサイン計測装置の構成]

図1は、本例の非接触バイタルサイン計測装置10を使って被験者aのバイタルサインを計測する際の計測状態の一例を示す。また図2は、本例の非接触バイタルサイン計測装置10の構成を示すブロック図である。本例の非接触バイタルサイン計測装置10は、被験者の心拍と呼吸を計測するものである。

【0014】

20

まず図1を参照して、本例の非接触バイタルサイン計測装置10を使った計測状態の一例について説明する。

本例の非接触バイタルサイン計測装置10には、ドップラーレーダ2と距離センサ3とが接続されている。図1の例では、ドップラーレーダ2と距離センサ3は、ベッド1に取り付けてある。

ドップラーレーダ2は、ベッド1に仰臥位となった被験者aの特定箇所a1に電波（信号）を照射し、その反射波を受信して、レーダ出力を得る。ドップラーレーダ2の構成については後述する。また、距離センサ3は、被験者aの特定箇所a2までの距離を計測する。

【0015】

30

ドップラーレーダ2が電波を照射する特定箇所a1は、例えば被験者aの胸などの心拍や呼吸による体動が検出し易い箇所とする。距離センサ3が距離を計測する特定箇所a2は、例えば被験者aの肩とする。但し、ドップラーレーダ2と距離センサ3が計測する特定箇所a1、a2を異なる箇所としたのは一例であり、同じ箇所としてもよい。また、距離センサ3が距離を計測する特定箇所a2については、後述するように1点ではなくある程度の面積を持った領域として、その領域内の平均の距離を計測するようにしてある。

また、図1に示すように被験者aが仰臥位となった状態で計測するのは一例であり、被験者aは座位や立位でもよい。

【0016】

距離センサ3としては、例えばToFカメラ（Time of Flight Camera）と称される目標までの距離を計測するセンサが使用される。ToFカメラは、計測箇所に赤外線などのパルス光を照射して、その反射光を撮像素子により検知し、パルス光の反射時間より計測箇所までの距離を計測する。

40

これらのドップラーレーダ2の出力と距離センサ3の出力は、非接触バイタルサイン計測装置10に供給される。

【0017】

次に、図2を参照して、非接触バイタルサイン計測装置10の構成について説明する。

非接触バイタルサイン計測装置10は、ドップラーレーダ2の出力と距離センサ3の出力を取得して、バイタルサインである心拍と呼吸を計測するものであり、例えばコンピュータ装置で構成される。図2は、非接触バイタルサイン計測装置10の機能から見た構成

50

を示すブロック図である。

【 0 0 1 8 】

非接触バイタルサイン計測装置 1 0 は、ドップラーレーダ出力取得部 1 1 と距離センサデータ取得部 1 2 とを備える。ドップラーレーダ出力取得部 1 1 は、ドップラーレーダ 2 のレーダ出力を取得するレーダ出力取得処理を行う。距離センサデータ取得部 1 2 は、距離センサ 3 で計測された距離データを取得する距離センサデータ取得処理を行う。

ドップラーレーダ出力取得部 1 1 で取得されたレーダ出力は、実数成分抽出部（I 成分抽出部）1 3 および虚数成分抽出部（Q 成分抽出部）1 4 に供給される。I 成分抽出部 1 3 は、レーダ出力に含まれる実数成分を抽出処理する。Q 成分抽出部 1 4 は、レーダ出力に含まれる虚数成分を抽出処理する。なお、以下の説明では、実数成分を I 成分、虚数成分を Q 成分と称する。

10

【 0 0 1 9 】

I 成分抽出部 1 3 で抽出されたレーダ出力の I 成分と、Q 成分抽出部 1 4 で抽出されたレーダ出力の Q 成分は、第 1 ~ 第 4 の乗算器 1 8 , 1 9 , 2 0 , 2 1 と加算器 2 2 と減算器 2 3 とで構成される演算処理部に供給される。

【 0 0 2 0 】

距離センサデータ取得部 1 2 で取得した距離の計測データは、不規則成分抽出部 1 5 に供給される。不規則成分抽出部 1 5 は、距離センサ 3 で得られた計測データの中で、不規則に現れる変動成分を抽出する不規則成分抽出処理を行う。不規則成分抽出部 1 5 で不規則成分を抽出する具体的な処理例については後述する。

20

【 0 0 2 1 】

不規則成分抽出部 1 5 で抽出された不規則成分のデータは、正弦成分抽出部 1 6 および余弦成分抽出部 1 7 に供給される。正弦成分抽出部 1 6 は、不規則成分に含まれる正弦成分（ $\sin$  成分  $\sin X_0$ ）を抽出する。余弦成分抽出部 1 7 は、不規則成分に含まれる余弦成分（ $\cos$  成分  $\cos X_0$ ）を抽出する。正弦成分抽出部 1 6 および余弦成分抽出部 1 7 で抽出された正弦成分（ $\sin$  成分  $\sin X_0$ ）および余弦成分（ $\cos$  成分  $\cos X_0$ ）は、第 1 ~ 第 4 の乗算器 1 8 , 1 9 , 2 0 , 2 1 と加算器 2 2 と減算器 2 3 とで構成される演算処理部に供給される。

【 0 0 2 2 】

次に、第 1 ~ 第 4 の乗算器 1 8 , 1 9 , 2 0 , 2 1 と加算器 2 2 と減算器 2 3 とで構成される演算処理部の構成について説明する。

30

第 1 の乗算器 1 8 は、I 成分抽出部 1 3 で得られたレーダ出力の I 成分と、余弦成分抽出部 1 7 で得られた余弦成分（ $\cos$  成分  $\cos X_0$ ）との積を取る。

第 2 の乗算器 1 9 は、Q 成分抽出部 1 4 で得られたレーダ出力の Q 成分と、正弦成分抽出部 1 6 で得られた正弦成分（ $\sin$  成分  $\sin X_0$ ）との積を取る。

第 3 の乗算器 2 0 は、Q 成分抽出部 1 4 で得られたレーダ出力の Q 成分と、余弦成分抽出部 1 7 で得られた余弦成分（ $\cos$  成分  $\cos X_0$ ）との積を取る。

第 4 の乗算器 2 1 は、I 成分抽出部 1 3 で得られたレーダ出力の I 成分と、正弦成分抽出部 1 6 で得られた正弦成分（ $\sin$  成分  $\sin X_0$ ）との積を取る。

【 0 0 2 3 】

40

第 1 の乗算器 1 8 の乗算出力と、第 2 の乗算器 1 9 の乗算出力は、加算器 2 2 に供給する。加算器 2 2 は、第 1 および第 2 の乗算出力の加算処理を行い、加算信号を得る。

加算器 2 2 で得られた加算信号は、不規則成分が除去された I 成分  $I(t)$  として、復調部 2 4 に供給される。

また、第 3 の乗算器 2 0 の乗算出力と、第 4 の乗算器 2 1 の乗算出力は、減算器 2 3 に供給される。減算器 2 3 は、第 3 および第 4 の乗算出力の差を取る減算処理を行い、減算信号を得る。

減算器 2 3 で得られた減算信号は、不規則成分が除去された Q 成分  $Q(t)$  として、復調部 2 4 に供給される。

【 0 0 2 4 】

50

復調部 2 4 は、供給される I 成分  $I(t)$  および Q 成分  $Q(t)$  の複素復調を行う。複素復調された信号は、周波数解析部 2 5 に供給され、周波数解析処理が行われる。

周波数解析部 2 5 での周波数解析により、被験者 a の特定箇所 a 1 までの距離が得られ、得られた距離に基づいてバイタルサインである心拍成分および呼吸成分が検出される。そして、周波数解析部 2 5 での周波数解析で得られた心拍成分および呼吸成分が出力部 2 6 から出力される。

例えば、出力部 2 6 として表示装置を使用した場合、出力部 2 6 は、心拍数や呼吸数を表示する。あるいは、出力部 2 6 として記録装置を使用して、心拍数や呼吸数を記録するようにしてもよい。さらにまた、周波数解析で得られた心拍成分および呼吸成分を外部の別の機器に送信するようにしてもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

##### [ 2 . ドップラーレーダの構成 ]

図 3 は、ドップラーレーダ 2 の構成例を示す。

ドップラーレーダ 2 は、発振器 2 a を備える。発振器 2 a は、例えば 2 4 G H z の信号を発振する。この発振器 2 a が出力する発振信号は、分波器 2 b を介して送信アンテナ 2 c に供給され、被験者に対して送信信号  $T_x$  が送信される。そして、被験者 a の体表面で反射した反射波としての受信信号  $R_x$  が受信アンテナ 2 d によって受信される。

#### 【 0 0 2 6 】

受信アンテナ 2 d で得た受信信号  $R_x$  は、第 1 ミキサ 2 e に直接供給されると共に、 $/2$  移相器 2 g により  $/2 (90^\circ)$  シフトされた信号が第 2 ミキサ 2 h に供給される。また、発振器 2 a からの発振信号は、分波器 2 b および 2 f を介して第 1 ミキサ 2 e および第 2 ミキサ 2 h に供給される。そして、それぞれのミキサ 2 e , 2 h でドップラー出力が得られる。第 1 ミキサ 2 e で得られるドップラー出力が I 信号になり、第 2 ミキサ 2 h で得られるドップラー出力が Q 信号になる。

#### 【 0 0 2 7 】

なお、呼吸による体動の変位は例えば 4 ~ 1 2 m m であり、心拍による体動の変位は例えば 0 . 2 ~ 0 . 5 m m である。ドップラーレーダ 2 は、非接触でこれらの呼吸および心拍による体動の変位を検出する。すなわち、ドップラーレーダ 2 から被験者 a の体表面までの距離を  $d_0$  としたとき、呼吸や心拍による体動の変位により距離  $d_0$  が変動し、その距離  $d_0$  の変動を受信信号から検出する処理がドップラーレーダ 2 で行われる。

なお、ドップラーレーダ 2 として 2 4 G H z 帯を使用するのは一例であり、その他の周波数帯の信号を送信するドップラーレーダを用いることもできる。例えば、1 0 G H z 帯を使用したドップラーレーダとすることもできる。

#### 【 0 0 2 8 】

##### [ 3 . 非接触バイタルサイン計測装置のハードウェア構成例 ]

図 4 は、図 2 に示す非接触バイタルサイン計測装置 1 0 をコンピュータ装置で構成した場合のハードウェア構成例を示す。

図 4 に示すコンピュータ装置（非接触バイタルサイン計測装置 1 0 ）は、バスにそれぞれ接続された C P U (Central Processing Unit: 中央処理装置) 1 0 a、R O M (Read Only Memory) 1 0 b、および R A M (Random Access Memory) 1 0 c を備える。さらに、コンピュータ装置は、不揮発性ストレージ 1 0 d、ネットワークインタフェース 1 0 e、入力装置 1 0 f、および表示装置 1 0 g を備える。

#### 【 0 0 2 9 】

C P U 1 0 a は、非接触バイタルサイン計測装置 1 0 での演算処理を実行するソフトウェアのプログラムコードを R O M 1 0 b から読み出して実行する演算処理部である。

R A M 1 0 c には、演算処理の途中に発生した変数やパラメータ等が一時的に書き込まれる。

#### 【 0 0 3 0 】

入力装置 1 0 f には、例えば、キーボード、マウスなどの他、ドップラーレーダ 2 や距離センサ 3 の出力を取り込むインタフェースも含まれる。

10

20

30

40

50

表示装置 10 g は、例えば、液晶ディスプレイモニタであり、この表示装置 10 g によりコンピュータ装置で実行される計算処理の結果が表示される。

#### 【0031】

不揮発性ストレージ 10 d には、例えば、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive) などの大容量情報記憶媒体が用いられる。不揮発性ストレージ 10 d には、非接触バイタルサイン計測装置 10 が実行する心拍や呼吸の計測についてのプログラムが記録される。また、心拍や呼吸の計測結果が、不揮発性ストレージ 10 d に記録される。

#### 【0032】

ネットワークインタフェース 10 e には、例えば、NIC (Network Interface Card) などが用いられる。ネットワークインタフェース 10 e は、LAN (Local Area Network)、専用線などを介して外部と各種情報の送受信を行う。

#### 【0033】

##### [4. 計測処理の流れ]

次に、非接触バイタルサイン計測装置 10 で心拍および呼吸を計測する処理の流れを、図 5 のフローチャートを参照して説明する。

まず、非接触バイタルサイン計測装置 10 のドップラーレーダ出力取得部 11 は、ドップラーレーダ 2 の出力を取得する (ステップ S 11)。また、このドップラーレーダ 2 の出力を取得する処理と並行して、距離センサデータ取得部 12 は、距離センサ 3 の出力を取得する (ステップ S 12)。

#### 【0034】

そして、I 成分抽出部 13 はレーダ出力の I 成分を抽出し、Q 成分抽出部 14 はレーダ出力の Q 成分を抽出する。つまり、レーダ出力の I 成分と Q 成分は分離して抽出される (ステップ S 13)。また、不規則成分抽出部 15 が、距離センサ 3 の出力に含まれる不規則な体動情報を抽出する (ステップ S 14)。不規則成分抽出部 15 での不規則な体動情報の抽出処理の詳細については後述する (図 6)。

#### 【0035】

不規則な体動情報が得られると、非接触バイタルサイン計測装置 10 の第 1 ~ 第 4 の乗算器 18 ~ 21、加算器 22 および減算器 23 による演算処理部による演算処理で、レーダ出力の I 成分および Q 成分から不規則な体動を除去した I 成分および Q 成分が取得される (ステップ S 15)。これらの不規則な体動を除去した I 成分および Q 成分は、復調部 24 に供給され、複素復調処理が行われる (ステップ S 16)。

そして、周波数解析部 25 で複素復調処理が行われた信号についての周波数解析処理が行われ、バイタルサインである心拍および呼吸の計測が行われ (ステップ S 17)、計測結果としての心拍数および呼吸数の情報が出力部 26 から出力される (ステップ S 18)。

#### 【0036】

##### [5. 体動の不規則成分の判断処理]

次に、非接触バイタルサイン計測装置 10 の距離センサデータ取得部 12 が取得した距離データから、不規則成分抽出部 15 で行われる不規則成分を判断する処理について説明する。

図 6 は、不規則成分を判断する処理の流れを示すフローチャートである。

#### 【0037】

まず、非接触バイタルサイン計測装置 10 の距離センサデータ取得部 12 は、距離センサ 3 と対象物 (被験者 a の特定箇所 a 2) との距離  $l(t)$  を得る (ステップ S 21)。

次に、不規則成分抽出部 15 は、距離センサ 3 での測定開始時の距離  $l(0)$  を基準として、対象物の距離  $l(t)$  がどれくらい動いたかを測定する (ステップ S 22)。

そして、不規則成分抽出部 15 は、計測距離  $l(t)$  と基準距離  $l(0)$  との差から、不規則な体動  $X_B(t)$  を得る (ステップ S 23)。

すなわち、不規則成分抽出部 15 は、 $X_B(t) = l(t) - l(0)$  の演算を行っ

10

20

30

40

50



て、不規則な体動  $x_B(t)$  を得る。

【 0 0 3 8 】

[ 6 . 体動の不規則成分を除去する原理 ]

次に、非接触バイタルサイン計測装置 1 0 が、不規則な体動を適切に除去した上で、バイタルサインである心拍および呼吸の計測ができる原理について説明する。

まず、ドップラーレーダ出力取得部 1 1 が取得するレーダ出力のベースバンド信号の I 成分と Q 成分を、次の [ 数 1 ] 式に示す。

【 0 0 3 9 】

【 数 1 】

$$I(t) = A \cos\left(\frac{4\pi x_V(t)}{\lambda} + \frac{4\pi x_B(t)}{\lambda} + \phi\right)$$

$$Q(t) = A \sin\left(\frac{4\pi x_V(t)}{\lambda} + \frac{4\pi x_B(t)}{\lambda} + \phi\right)$$

【 0 0 4 0 】

ここで、 $x_V$  は、呼吸や心拍のバイタルサイン、 $x_B$  は不規則な体動、 $\phi$  は残留位相、 $A$  は搬送波の振幅、 $\lambda$  は搬送波の波長、 $t$  は時間である。

バイタルサイン  $x_V$  は、次の [ 数 2 ] 式で示される。

【 0 0 4 1 】

【 数 2 】

$$x_V = m_r \sin(\omega_r t) + m_h \sin(\omega_h t)$$

【 0 0 4 2 】

また、不規則な体動  $x_B$  は、次の [ 数 2 ] 式で示される。

【 0 0 4 3 】

【 数 3 】

$$x_B = m_B \sin(\omega_B t)$$

【 0 0 4 4 】

これらの [ 数 2 ] 式 ~ [ 数 3 ] 式において、 $m_h$  は心拍の体動の振幅、 $m_r$  は呼吸の体動の振幅、 $m_B$  は不規則な体動の振幅、 $\omega_h$  は心拍の体動の角周波数、 $\omega_r$  は呼吸の体動の角周波数、 $\omega_B$  は不規則な体動の角周波数である。

ここで、上述したように、測定開始時の距離  $l(0)$  を基準とした不規則な体動を、体動  $x_B(t)$  としたとき、不規則な体動を軽減する加法定理による演算が、乗算器 1 8 , 1 9 , 2 0 , 2 1 と加算器 2 2 と減算器 2 3 とで行われ、不規則な体動を軽減した実部  $I'(t)$  および虚部  $Q'(t)$  が、[ 数 4 ] 式に示すように得られる。

【 0 0 4 5 】

【 数 4 】

$$I'(t) = A \cos\left(\frac{4\pi x_V}{\lambda} + \frac{4\pi x_B}{\lambda} + \phi - \frac{4\pi x_{B'}}{\lambda}\right) = I(t) \cos\left(\frac{4\pi x_{B'}}{\lambda}\right) + Q(t) \sin\left(\frac{4\pi x_{B'}}{\lambda}\right)$$

$$Q'(t) = A \sin\left(\frac{4\pi x_V}{\lambda} + \frac{4\pi x_B}{\lambda} + \phi - \frac{4\pi x_{B'}}{\lambda}\right) = Q(t) \cos\left(\frac{4\pi x_{B'}}{\lambda}\right) - I(t) \sin\left(\frac{4\pi x_{B'}}{\lambda}\right)$$

【 0 0 4 6 】

この [ 数 4 ] 式に示す実部  $I'(t)$  および虚部  $Q'(t)$  が、復調部 2 4 に供給され、[ 数 5 ] 式に示す複素信号復調による信号  $S(t)$  が得られる。

【 0 0 4 7 】

【 数 5 】

$$S'(t) = I'(t) + j \cdot Q'(t) = A \exp \left\{ j \cdot \left( \frac{4\pi x_V(t)}{\lambda} + \frac{4\pi x_B(t)}{\lambda} - \frac{4\pi x_{B'}(t)}{\lambda} + \phi \right) \right\}$$

【 0 0 4 8 】

復調部 2 4 で複素信号復調が行われることで、DC オフセットの影響を受けにくい復調が行われる。

この複素信号復調による信号  $S(t)$  は、不規則な体動  $X_B(t)$  が除去された信号である。この複素信号復調された信号  $S(t)$  から呼吸や心拍のバイタルサイン  $x_V$  を適切に検出できるようになる。信号  $S(t)$  から呼吸や心拍を検出する際には、例えば呼吸が含まれる周波数帯域のピークを呼吸周波数とし、心拍が含まれる周波数帯域のピークを心拍周波数とする。

10

【 0 0 4 9 】

[ 7 . 実験例 ]

次に、図 7 ~ 図 1 0 を参照して、本例の非接触バイタルサイン計測装置 1 0 でバイタルサインを計測することで、不規則な体動に影響されない計測の実験を行った例について説明する。

図 7 および図 8 は、特定の周波数で振動するスピーカを強制的に揺らした場合に、本例の非接触バイタルサイン計測装置 1 0 で、スピーカの振動周波数を計測した例を示す。

20

【 0 0 5 0 】

図 7 は、計測対象となるスピーカの構成を示す。

ここでは、台車 1 0 0 に載せたスピーカ装置 1 1 0 のホーン 1 1 1 を、0 . 3 H z で振動させながら、台車 1 0 0 を人手で不規則に大きく揺らせる。つまり、スピーカ装置 1 1 0 を不規則に振動させながら、ホーン 1 1 1 を特定周波数 ( 0 . 3 H z ) で振動させる。この状態で、ドップラーレーダ 2 がホーン 1 1 1 の振動を計測すると共に、距離センサ 3 がスピーカ装置 1 1 0 までの距離を計測する。図 8 は、これらの計測データに基づいて、非接触バイタルサイン計測装置 1 0 でホーン 1 1 1 の振動の計測を行った結果を示す。図 8 の横軸は計測周波数、縦軸は正規化したベクトルを示す。

【 0 0 5 1 】

図 8 に破線で示す特性 は、不規則な振動を除去しない場合であり、実線で示す特性 は、本例の非接触バイタルサイン計測装置 1 0 で不規則な振動を除去した場合である。

不規則な振動を除去しない特性 では、本来のホーン 1 1 1 の振動周波数である 0 . 3 H z の近傍の複数箇所ピークが発生しており、ホーン 1 1 1 の振動周波数を特定できない状態である。

これに対して、本例の非接触バイタルサイン計測装置 1 0 で不規則な振動を除去した特性 の場合には、信号のピーク位置  $f_p$  が、ホーン 1 1 1 の振動周波数である 0 . 3 H z になり、ホーン 1 1 1 の振動周波数を正確に計測できていることが分かる。

【 0 0 5 2 】

図 9 は、本例の非接触バイタルサイン計測装置 1 0 で被験者の心拍および呼吸を計測した例を示す。図 9 においても、図 8 と同様に横軸は計測周波数、縦軸は正規化したベクトルを示す。

40

図 9 A は、被験者 a が仰臥位となった状態 ( 横に寝た状態 ) で計測した場合の特性であり、図 9 B は、被験者 a が座位となった状態 ( 座った状態 ) で計測した場合の特性である。両図共に破線の特性 は不規則な振動を除去しない場合、実線の特性 は不規則な振動を除去した場合である。

【 0 0 5 3 】

図 9 A に示す仰臥位の場合には、被験者 a は、1 5 秒に 1 回程度、指を動かす比較的小さい体動を加えた状態で、1 分間計測を行った。一方、図 9 B に示す座位の場合には、被験者 a は、1 5 秒に 1 回程度、腕を動かすといったそれなりのレベルの体動 ( 中位の体動

50

)で、1分間計測を行った。

また、図9 Aおよび図9 Bに、被験者 a に装着した呼吸バンドおよび心電計により計測した正確な呼吸周波数  $f_{11}$  ,  $f_{21}$  と心拍周波数  $f_{12}$  ,  $f_{22}$  を示す。

【0054】

図9 Aに示す仰臥位の例では、体動が少ない状態のため、不規則な振動を除去しない特性と、不規則な振動を除去した特性とに大きな差はない。しかし、不規則な振動を除去した特性に、呼吸周波数  $f_{11}$  に対応したピークと、心拍周波数  $f_{12}$  に対応したピークが現れている。

【0055】

一方、図9 Bに示す座位の例では、中位の体動が加わった状態のため、不規則な振動を除去しない特性と、不規則な振動を除去した特性とに大きな相違があり、不規則な振動を除去した特性の場合、呼吸周波数  $f_{21}$  に対応した明確なピークが発生している。また、図9 Bの特性では、心拍周波数  $f_{12}$  に対応したピークは本来の周波数  $f_{22}$  から若干ずれているが、不規則な振動を除去しない特性では心拍に相当するピークがほとんど現れておらず、心拍についても検出精度が向上したと言える。

【0056】

図10は、仰臥位の被験者で体動が少、中、大の3つのケースと、座位の被験者で体動が少、中、大の3つのケースのそれぞれで、体動除去をしない場合の特性(それぞれ左側のシングルハッチングで示す特性)の誤差率と、体動除去をした場合の特性(それぞれ右側のダブルハッチングで示す特性)の誤差率を比較した図である。図10に示す誤差率は値が少ないほど、計測精度が高いことを示す。

【0057】

図10に示すように、体動除去をした場合には、仰臥位で体動が少と中のいずれでも、誤差率が20%前後であり、座位についても、体動が少と中のいずれでも、誤差率が10%前後であり、低い誤差率で計測が行えることが分かる。なお、図10の例では、仰臥位で体動が中のときと、座位で体動が少のときには、体動除去をしないケースの方が、誤差率が若干低い特性になっているが、誤差率の変化はわずかであり、本例の体動除去をした場合にも十分に低い誤差率が維持されている。

【0058】

また、図10に示すように、体動が大の場合には、仰臥位と座位のいずれでも、誤差率が大きくなり、計測精度が悪化している。しかし、体動除去をした場合には、体動除去をしない場合に比べて誤差率が低下しており、測定精度の向上が図られていることが分かる。

【0059】

[8. 変形例]

なお、上述した実施の形態では、距離センサとして、距離画像が取得できるToFカメラを使用した。その他の方式の距離センサを使用してもよい。例えば、3Dカメラを使って、撮影画像内の被写体の距離を取得するようにしてもよい。

また、図2に示す構成では、レーダ出力から得た実数成分(I成分)と虚数成分(Q成分)から、不規則成分を除去する演算処理部として、4つの乗算器18~21と加算器22と減算器23とを使う構成としたが、演算処理部としてこの図2に示す構成に限定されるものではない。

【0060】

また、上述した実施の形態例では、バイタルサインとして呼吸や心拍の周波数とした例とした。これに対して、呼吸や心拍以外のバイタルサインを計測する場合にも、本例の非接触バイタルサイン計測装置10は適用が可能である。

【0061】

また、図3では、非接触バイタルサイン計測装置10をコンピュータ装置で構成し、コンピュータ装置に実装されたソフトウェア(プログラム)の実行で、不規則な振動を除去する例とした。これに対して、図2に示す非接触バイタルサイン計測装置10の各処理部

の一部または全てを専用の回路として構成してもよい。

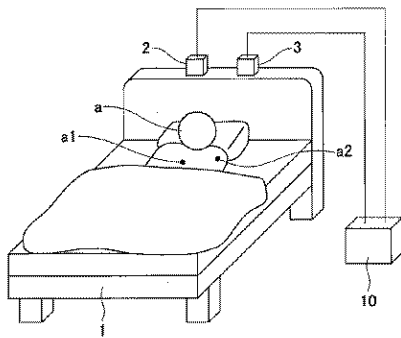
【符号の説明】

【0062】

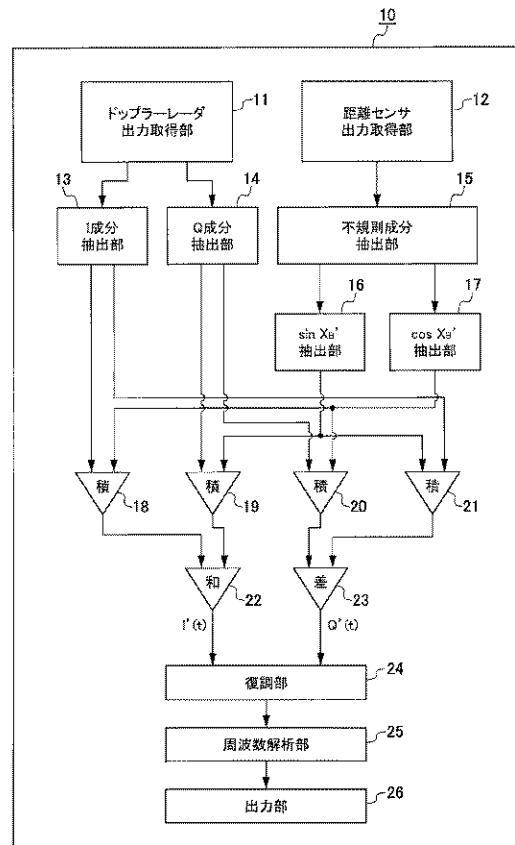
1 ベッド、2 ドップラーレーダ、3 距離センサ、10 非接触バイタルサイン計測装置(コンピュータ装置)、10a 中央制御ユニット(CPU)、10b ROM、10c RAM、10d 不揮発性ストレージ、10e ネットワークインタフェース、10f 入力装置、10g 表示装置、11 ドップラーレーダ出力取得部、12 距離センサデータ取得部、13 I成分抽出部(実数成分抽出部)、14 Q成分抽出部(虚数成分抽出部)、15 不規則成分抽出部、16 正弦成分抽出部、17 余弦成分抽出部、18, 19, 20, 21 乗算器、22 加算器、23 減算器、24 復調部、25 周波数解析部、26 出力部、100 台車、110 スピーカ装置、111 ホーン

10

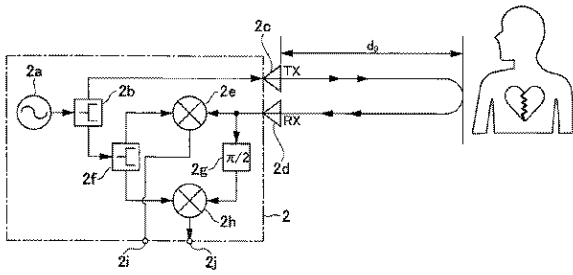
【図1】



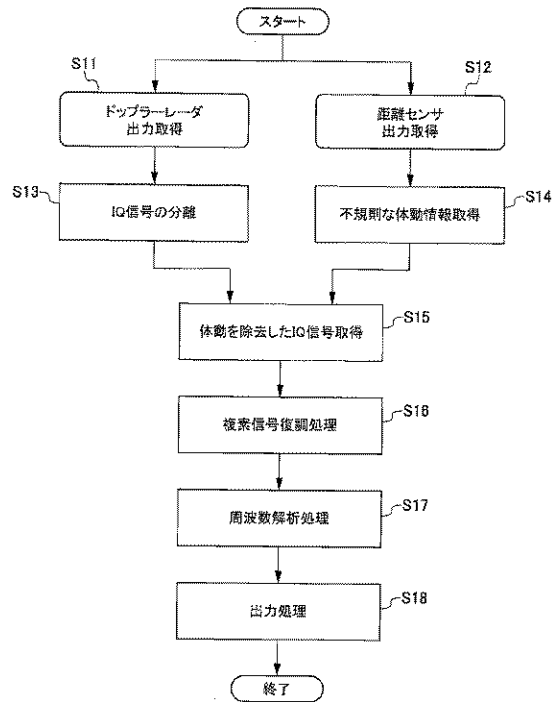
【図2】



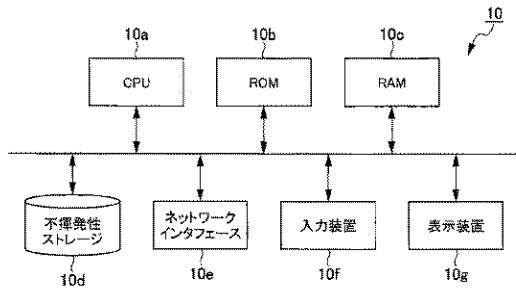
【図3】



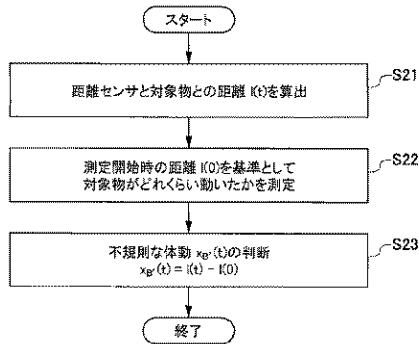
【図5】



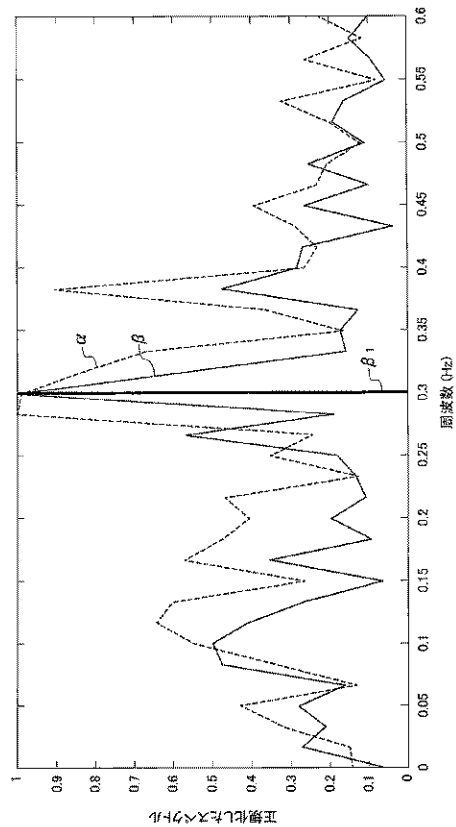
【図4】



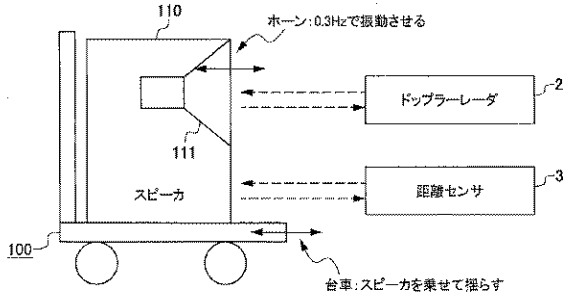
【図6】



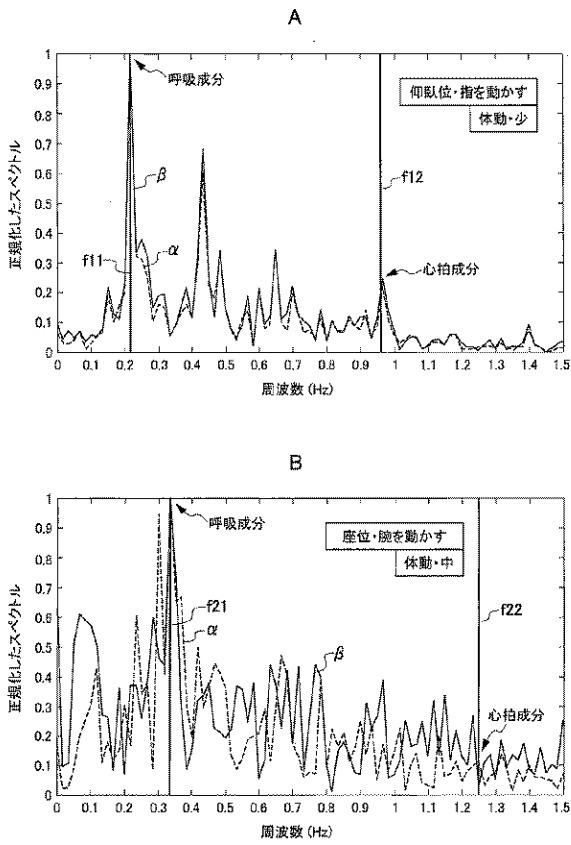
【図8】



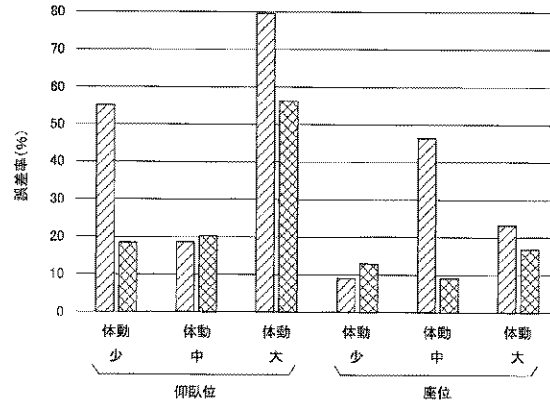
【図7】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 4C038 VA04 VB31 VB33 VC20  
5J070 AB24 AD02 AE09 AH34 AK13 AK22 BA01  
5J084 AA05 AB07 AD01 BA20 BA34