

(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2010-19581

(P2010-19581A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.

G 0 1 S 3/50 (2006.01)

F I

G 0 1 S 3/50

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2008-177870 (P2008-177870)
 (22) 出願日 平成20年7月8日 (2008.7.8)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100123434
 弁理士 田澤 英昭
 (74) 代理人 100101133
 弁理士 濱田 初音
 (72) 発明者 池松 崇
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 伊藤 礼
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

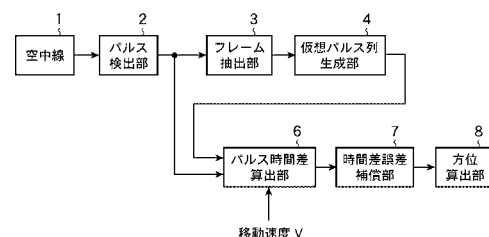
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 方位探知装置

(57) 【要約】

【課題】単独の受信系を用いて電波発信源の所在方位を検出可能にする。

【解決手段】単独の受信系で検出されたパルス列のパルス到来時刻に基づいて周期性を持って繰り返されるパルス列のフレーム周期を抽出するフレーム抽出部と、或る測定点で検出したパルス列とそのフレーム周期に基づいて、同じ測定点で継続して受信されると想定した場合の仮想パルス列を生成する仮想パルス列生成部と、或る測定点と次の測定点間の距離に基づいて、両測定点が固定されていると仮定した場合の電波の到来時刻差を算出し、この到来時刻差を或る測定点における仮想パルス列と次の測定点で実際に受信されたパルス列のパルス時間差として出力するパルス時間差算出部とを備え、この算出されたパルス時間差から電波発信源の所在方位を算出する。



【選択図】 図 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

移動するプラットフォームに搭載されて移動しながら電波の到来方位を探知する方位探知装置において、

受信電波から検出した各パルスにパルス到来時刻を付与して出力する空中線とパルス検出部からなる単独の受信系と、

前記受信系で検出されたパルスのパルス到来時刻に基づいて周期性を持って繰り返されるパルス信号を検出し、その繰り返しパターンを 1 フレームとしたパルス列のフレーム周期を抽出するフレーム抽出部と、

或る測定点で検出したパルス列と当該パルス列のフレーム周期に基づいて、同じ測定点で継続して受信されると想定した場合の仮想パルス列を生成する仮想パルス列生成部と、

或る測定点と次の測定点間の距離を算出し、この算出距離に基づいて、両測定点が固定されていると仮定した場合の電波の到来時刻差を算出し、この到来時刻差を前記仮想パルス列生成部で生成された前記或る測定点における仮想パルス列と前記受信系で得られる前記次の測定点で実際に受信されたパルス列のパルス時間差として出力するパルス時間差算出部と、

前記算出されたパルス時間差をフレーム毎に平均化する時間差誤差補償部と、

前記平均化されたパルス時間差に基づいて、対応する電波発信源の所在方位を算出する方位算出部を備えたことを特徴とする方位探知装置。

【請求項 2】

パルス時間差算出部は、或る測定点と次の測定点で実際にパルスを受信した測定時刻の差を算出し、この時刻差とプラットフォームの移動速度に基づいて前記両測定点間の距離を算出することを特徴とする請求項 1 記載の方位探知装置。

【請求項 3】

G P S 信号を受信しプラットフォームの位置情報を取得する G P S 受信機を備え、

パルス時間差算出部は、前記 G P S 受信機で取得した位置情報から或る測定点と次の測定点で実際にパルスを受信した測定時刻に対応するプラットフォームの位置を抽出して前記両測定点間の距離を算出することを特徴とする請求項 1 記載の方位探知装置。

【請求項 4】

継続的に測定を行い方位探知する場合において、

時間差誤差補償部は、パルス時間差をフレーム毎に平均化する代わりに、パルス時間差に基づいて最小二乗法を用いた近似関数を求め、

方位算出部は、前記求めたパルス時間差の近似関数に基づいて、対応する電波発信源の所在方位を算出することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項記載の方位探知装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、通信波、レーダ波等の電波信号を受信する装置に係り、特に電波発信源の所在方位を検出する方位探知装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

電波発信源の所在方位の探知方法としては、電波発信源から発信される一連のパルス信号を 2 以上の受信系で受信し、各受信系において得られるパルス到来時刻の時間差からパルス到来方位を求めるのが一般的である。例えば特許文献 1 に記載された従来の技術では、各受信系において、それぞれが持つ空中線で受信した受信パルスから、パルス検出部でパルスごとにパルス到来時刻を求めており、次に、信号処理部において、各受信系で求められた一連のパルス信号に関する複数のパルス到来時刻について、受信系ごとに統計処理を行って、受信系間のパルス到来時刻の時間差を求め、求めたパルス到来時刻の時間差、各受信系の空中線間の距離およびパルス信号の伝搬速度に基づいてパルス到来方位を求め

10

20

30

40

50

ている。このことにより、パルス到来方位を高精度に検出可能にしている。

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 3 - 2 1 5 2 2 5 号 公 報

【 発 明 の 開 示 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 0 4 】

従来の方位探知技術では、空中線とパルス検出部からなる受信系を複数備える必要があり、また、精度を高めるためには空中線間隔を長くとる必要がある。そのため、装置が大規模になるという問題があった。

【 0 0 0 5 】

この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、単独の受信系を用いて電波発信源の所在方位を検出可能にする方位探知装置を得ることを目的とする。

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

【 0 0 0 6 】

この発明に係る方位探知装置は、移動するプラットフォームに搭載されて移動しながら電波の到来方位を探知する方位探知装置において、受信電波から検出した各パルスにパルス到来時刻を付与して出力する単独の受信系と、受信系で検出されたパルスのパルス到来時刻に基づいて周期性を持って繰り返されるパルス信号を検出し、その繰り返しパターンを 1 フレームとしたパルス列のフレーム周期を抽出するフレーム抽出部と、或る測定点で検出したパルス列と当該パルス列のフレーム周期に基づいて、同じ測定点で継続して受信されたと想定した場合の仮想パルス列を生成する仮想パルス列生成部と、或る測定点と次の測定点間の距離を算出し、この算出距離に基づいて、両測定点が固定されていると仮定した場合の電波の到来時刻差を算出し、この到来時刻差を仮想パルス列生成部で生成された或る測定点における仮想パルス列と受信系で得られる次の測定点で実際に受信されたパルス列のパルス時間差として出力するパルス時間差算出部と、算出されたパルス時間差をフレーム毎に平均化する時間差誤差補償部と、平均化されたパルス時間差に基づいて、対応する電波発信源の所在方位を算出する方位算出部を備えたものである。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 0 7 】

この発明によれば、単独の受信系による方位探知装置を移動体プラットフォームに搭載した単独の受信系の方位探知装置を移動させることにより、擬似的に受信系を複数にして電波発信源の所在方位を算出するようにしている。したがって、従来技術と比較して、構成機器数を少なくして装置規模の小型化を図ることが可能となり、設置上の自由度を向上させる効果がある。

【 発 明 を 実 施 す る た め の 最 良 の 形 態 】

【 0 0 0 8 】

実施の形態 1 .

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による方位探知装置の機能構成を示すブロック図である。

方位探知装置は、航空機、船舶、車両等の移動体プラットフォームに搭載して方位測定を行うもので、単独の空中線 1、パルス検出部 2、フレーム抽出部 3、仮想パルス列生成部 4、パルス時間差算出部 6、時間差誤差補償部 7 および方位算出部 8 で構成されている。この実施の形態 1 の方位探知装置は、空中線 1 とパルス検出部 2 からなる単独の受信系のみにより、到来電波からパルス信号を検出することを一つの特徴としている。

【 0 0 0 9 】

次に、方位探知装置の動作について説明する。

今、本方位探知装置は、移動するプラットフォームに搭載されて等速で、かつ直線移動しながら、一般的なレーダ装置などの電波発信源が或る周期性に従って送信する複数 / 複数のパルス信号を受信して方位探知を行っているものとする。

空中線 1 は、到来する電波を受信すると、受信信号にしてパルス検出部 2 に出力する。

パルス検出部 2 では、空中線 1 の受信信号に電波発信源から送信される一連のパルス信号が含まれている場合、そのパルス信号を逐次検出し、周波数、パルス幅等のパルスの基本情報を抽出してパルスごとに順次パルス到来時刻 (T O A ; Time Of Arrival) を付与し、後段のフレーム抽出部 3 とパルス時間差算出部 6 に出力する。パルス検出部 2 で検出されたパルス信号は図 2 のように表される。図 2 は、横軸をフレーム周期、縦軸をフレーム数として、パルス列を T O A に従いフレーム周期毎に折り返して表示したものである。なお、実際には複数種類のパルス列が受信される場合があるが、ここでは説明上一種類のパルス列を例として示すものとする。

【 0 0 1 0 】

フレーム抽出部 3 では、パルス検出部 2 で検出されたパルスのパルス到来時刻に基づいて周期性を持って繰り返されるパルス信号を検出し、そのパターンを 1 フレームとしたパルス列のフレーム周期を抽出する。そのため、まず、図 2 に示されるパルス列の状態に対してフレーム周期を変化させ、図 3 に示されるように、各パルスが種別毎に最小の時間範囲に集約するように設定する。この場合、蓄積用のメモリ等に一時パルスデータを保存し、縦軸方向に密集度が最大になる時間帯ができるよう横軸を設定するようにしている。次に、このように設定されたフレーム周期を、受信したパルス列のフレーム周期として抽出する。検出したパルス列と対応する抽出したフレーム周期は仮想パルス列生成部 4 に与えられる。

【 0 0 1 1 】

仮想パルス列生成部 4 では、或る測定点で検出したパルス列とフレーム抽出部 3 で抽出された当該パルス列のフレーム周期に基づいて、同じ測定点で継続して受信されると想定した場合のパルス列を生成し、仮想パルス列として出力する。ここでは、方位探知装置は移動しているため、実際にパルス列を受信した測定点には既に存在しなくなるが、あたかもこの元の測定点にも受信系が残っていて、移動先の次の測定点に在って実際に受信を行う受信系とで、2 地点による電波測定を行うという仮想状態を作っている。

【 0 0 1 2 】

図 6 に示すように、方位探知装置は、プラットフォームの移動に伴い電波発信源 1 1 との距離は変化しているが、仮に、測定点 1 2 と測定点 1 3 にそれぞれ受信系が設置されて、2 つの受信系で電波発信源 1 1 から同時に送信されたパルス列の電波を受信していると想定した場合、受信している両パルス列の間には時間差が生じることになる。一方、図 4 に示すように、A 地点で予測される仮想パルス列と B 地点で実際に受信されるパルス列の間には時間差 (これをパルス時間差とする) $\Delta T (1)$ が生じる。また、B 地点で検出された実際のパルス列と A 地点で生成された仮想パルス列を T O A に従いフレーム周期毎に折り返して継続的に表示すると、図 5 のようになるが、実際のパルス列 9 と仮想パルス列 1 0 の間にはパルス時間差 ΔT が生じる。言い換えれば、A 地点で予測される仮想パルス列と B 地点で実際に受信されるパルス列間のパルス時間差は、図 6 において固定されたとする複数の測定点 1 2 , 1 3 において電波発信源 1 1 から同時に送信された電波を受信した場合の電波の到来時刻差とみなすことができる。

【 0 0 1 3 】

上記考えに基づき、パルス時間差算出部 6 では、仮想パルス列生成部 4 で生成された或る測定点における仮想パルス列とパルス検出部 2 で得られる次の測定点で実際に受信されたパルス列間のパルス時間差を算出する。具体的には次のようにする。

図 6 において、プラットフォームは水平に移動しているものとし、電波発信源 1 1 から同時に送信された電波に対して、固定された 2 測定点 1 2 , 1 3 が存在しているとする。電波の到来時刻差が生ずる場合、2 測定点間の距離を L 、電波の到来時刻差を ΔT 、光速 (または電波速度) を c 、プラットフォームの移動直線と直角な線と電波の到来方向とが成す角度を θ とすると、周知のように (1) 式の関係が成り立つ。

$$c \cdot \Delta T = L \cdot \sin \theta$$

$$\Delta T = (L / c) \cdot \sin \theta \quad (1)$$

【 0 0 1 4 】

ここで、実際には方位探知装置はプラットフォームに搭載されて移動しているので、2測定点12, 13間の距離Lは、プラットフォームの移動距離となるから、2測定点間の移動に要する時間(これを測定時間とする)を Δt 、プラットフォームの移動速度を v とすると、2測定点間の距離Lは(2)式ようになる。

$$L = v \cdot \Delta t \quad (2)$$

また、2測定点12, 13における測定時刻を T_1 、 T_2 とすると、測定時間 Δt は(3)式ようになる。

$$\Delta t = T_2 - T_1 \quad (3)$$

したがって、(1)~(3)式から、固定した2測定点12, 13における電波の到来時刻差 ΔT は算出できる。ここで、測定点12では、実際のパルス列の代わりに仮想パルス列が受信されているとみなせば、上記電波の到来時刻差 ΔT は、測定点13の実際の受信パルス列と測定点12の仮想パルス列のパルス時間差とする。

【0015】

時間差誤差補償部7では、パルス時間差算出部6で算出されたパルス時間差をフレーム毎に平均化して、時間差間の誤差を補償する。

次に、方位算出部8では、時間差誤差補償部7で平均化されたパルス時間差に基づいて、周知の処理により、電波の到来方位、すなわち電波発信源の所在方位を算出する。

方位探知装置は、 $\sim \mu \text{sec}$ 単位の時間差を検出できる場合、速度300kt程度の航空機に搭載された場合の測定時間を数sec~数十sec、速度30kt程度の船舶、車両の場合の測定時間を数十sec~とすれば、所要の測定を行なうことが可能となる。

【0016】

以上のように、この実施の形態1によれば、空中線1とパルス検出部2からでなる単独の受信系により、受信電波からパルスを逐次検出し、検出した各パルスにパルス到来時刻を付与して出力し、フレーム抽出部3により、受信系で検出されたパルスのパルス到来時刻に基づいて周期性を持って繰り返されるパルス信号を検出し、そのパターンを1フレームとしたパルス列のフレーム周期を抽出し、仮想パルス列生成部4により、或る測定点で検出したパルス列とフレーム抽出部3で抽出された当該パルス列のフレーム周期に基づいて、同じ測定点で継続して受信されると想定される仮想パルス列を生成し、パルス時間差算出部6により、或る測定点で実際にパルスを受信した測定時刻 T_1 と次の測定点で実際にパルスを受信した測定時刻 T_2 およびプラットフォームの移動速度 v から両測定点間の距離を算出し、この算出距離に基づいて、両測定点が固定されていると仮定した場合の電波の到来時刻差を算出し、仮想パルス列生成部4で生成された或る測定点における仮想パルス列と受信系で得られる次の測定点で実際に受信されたパルス列のパルス時間差として生成し、時間差誤差補償部7により、パルス時間差算出部6で算出されたパルス時間差をフレーム毎に平均化し、方位算出部8により、時間差誤差補償部7で算出されたパルス時間差の平均値に基づいて、電波発信源の所在方位を算出するようにしている。したがって、単独の受信系による方位探知装置を移動体プラットフォームに搭載することで、擬似的に受信系を複数にして電波発生源の方位を算出することができるため、従来技術と比較して、構成機器数を少なくして装置規模の小型化を図ることが可能となり、設置上の自由度を向上させる効果が得られる。加えて、コストの削減も可能にする。

【0017】

実施の形態2.

図7は、この発明の実施の形態2による方位探知装置の機能構成を示すブロック図である。図において、図1に相当する部分には同一符号を付し、その説明は原則として省略する。この実施の形態2の構成は、プラットフォームの移動速度の代わりに用いるプラットフォーム(または方位探知装置)の位置情報を取得するGPS(Global Positioning System)受信機51を新たに備えている。また、実施の形態1のパルス時間差算出部6に代えて、位置情報を用いて処理を行うパルス時間差算出部61を備えている。

図7において、GPS受信機51はGPS信号を受信してプラットフォームの時々刻々の位置情報を取得しパルス時間差算出部6に与える。パルス時間差算出部6では、入力さ

10

20

30

40

50

れる位置情報から或る測定点と次の測定点で実際にパルスを受信した測定時刻に対応するプラットフォームの位置を抽出し、両測定点間の距離を算出する。次に、算出した両測定点間の距離に基づいて、両測定点が固定されていると仮定した場合の電波の到来時刻差を算出し、この到来時刻差を仮想パルス列生成部 4 で生成された或る測定点における仮想パルス列と受信系で得られる次の測定点で実際に受信されたパルス列のパルス時間差として時間差誤差補償部 7 に出力する。

【 0 0 1 8 】

以上のように、この実施の形態 2 によれば、測定点間の距離を GPS 信号から得られるプラットフォームの位置情報から求め、パルス時間差を算出しているので、実施の形態 1 と同様な効果がえられる。また、測定中にプラットフォームの速度や飛行方向に変化が生じるようなことが起きた場合にも位置情報から正確な距離を算出できるため、方位測定におけるアンビギュイティを改善できる。

【 0 0 1 9 】

実施の形態 3 .

ここでは、上記実施の形態 1 において、プラットフォームが等速直線運動をしている状態で測定を複数回継続的に行う。この場合、図 5 に示したフレーム内の実際のパルス列 9 と仮想パルス列 10 間で生じるパルス時間差 ΔT は、時間の一次関数になると考えられる。そこで、この実施の形態 3 における時間差誤差補償部 7 では、パルス時間差算出部 6 で複数回の測定で順次算出されるパルス時間差を、最小二乗法を用いて処理することにより近似関数を求め、パルス時間差群を補正する。この近似関数は図 8 に示されるようになる。図 8 において、14 は各時刻におけるパルス時間差、15 はパルス時間差の近似直線を表す。次に、方位算出部 8 では、上記で求めた近似関数に基づいて信号到来方位、すなわち電波の発信源の方位を算出する。

したがって、この実施の形態 3 によれば、パルス時間差の近似関数を用いて発信源の方位を求めるようにしたので、上記実施の形態 1 の場合よりも精度の高い方位を得ることが可能となる。また、実施の形態 3 は、実施の形態 2 に適用しても同様な効果が得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 による方位探知装置の機能構成示すブロック図である。

【 図 2 】 この発明の実施の形態 1 に係るパルス検出部の出力パルス信号を示す説明図である。

【 図 3 】 この発明の実施の形態 1 に係るフレーム抽出部の処理によるパルス信号を示す説明図である。

【 図 4 】 この発明の実施の形態 1 に係るパルス時間差算出部の動作を示す説明図である。

【 図 5 】 この発明の実施の形態 1 に係る仮想パルスと実信号のパルスの関係を示す説明図である。

【 図 6 】 この発明の実施の形態 1 に係る測定状況における信号到来時間差と方位の関係を示す説明図である。

【 図 7 】 この発明の実施の形態 2 による方位探知装置の機能構成示すブロック図である。

【 図 8 】 この発明の実施の形態 3 に係る時間差誤差補償部により算出されるパルス到来時間差の近似関数を示す説明図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 1 】

1 空中線、2 パルス検出部、3 フレーム抽出部、4 仮想パルス列生成部、6 , 6 1 パルス時間差算出部、7 時間差誤差補償部、8 方位算出部、5 1 GPS 受信機。

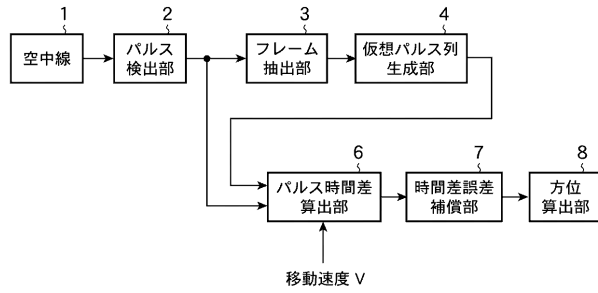
10

20

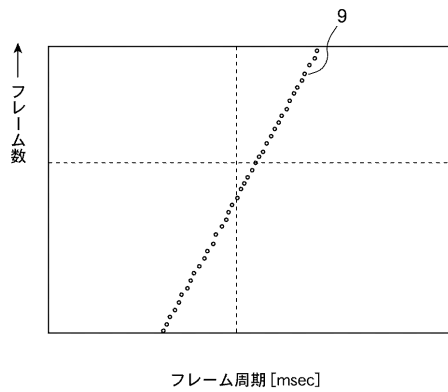
30

40

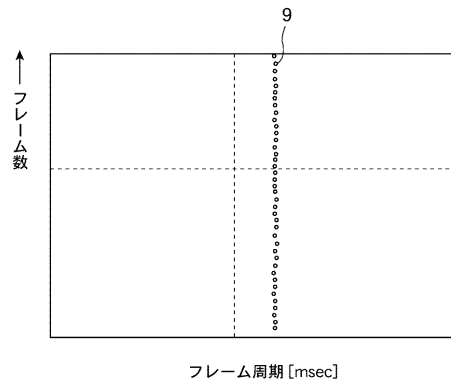
【図 1】



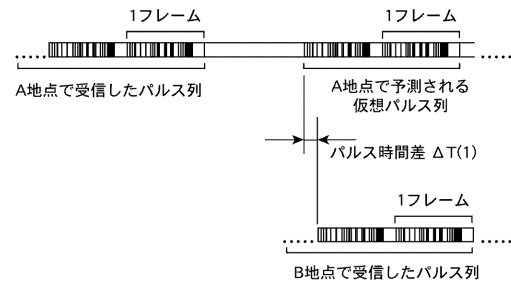
【図 2】



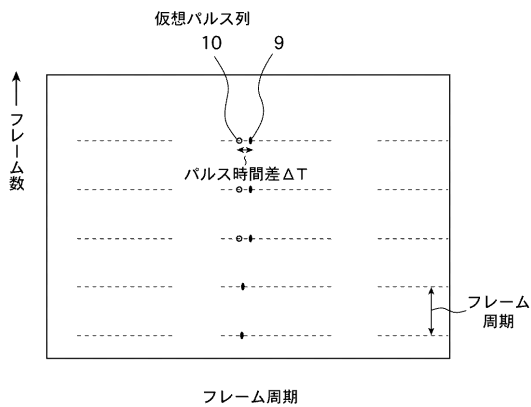
【図 3】



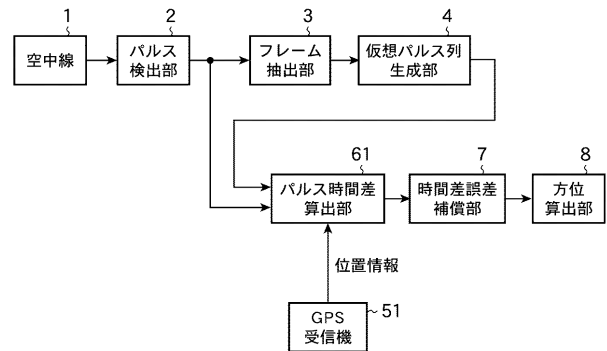
【図 4】



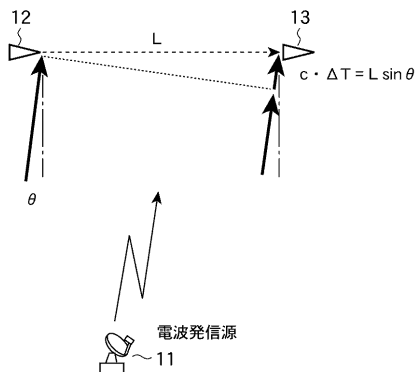
【図 5】



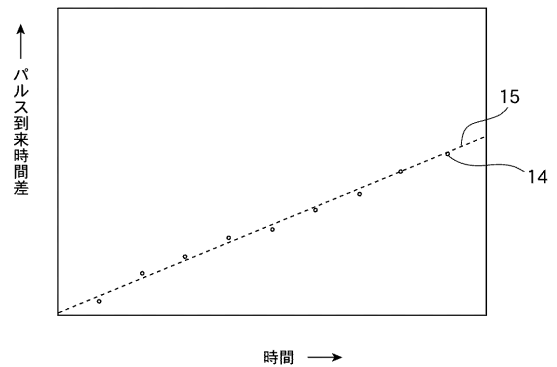
【図 7】



【図 6】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 中重 正男

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 高橋 伸樹

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内