

(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2010-8341

(P2010-8341A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.
G01S 7/02 (2006.01)F I
G O 1 S 7/02テーマコード (参考)
5 J O 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-170538 (P2008-170538)
(22) 出願日 平成20年6月30日 (2008. 6. 30)(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 100110423
弁理士 曾我 道治
(74) 代理人 100084010
弁理士 古川 秀利
(74) 代理人 100094695
弁理士 鈴木 憲七
(74) 代理人 100111648
弁理士 梶並 順
(74) 代理人 100122437
弁理士 大宅 一宏
(74) 代理人 100147566
弁理士 上田 俊一

最終頁に続く

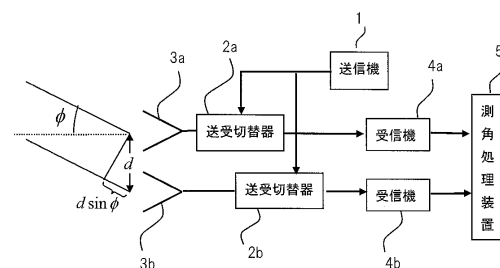
(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 2 個の受信機を用いモノパルス処理により測角を行う従来のレーダ装置は、ビーム幅内に目標が 2 個あると、2 目標からの信号が位相情報を保持のまま加算されて受信されるため、各目標の振幅情報が失われ、正しい測角値が得られない。

【解決手段】 目標からの反射信号を夫々のアンテナを介して受信し、アナログ／デジタル変換する複数の受信機と、各受信機で任意の同一時刻に受信された複数の受信信号と、前記時刻とは異なる時刻において、同時に各受信機で受信された複数の受信信号を用い、前記目標の振幅と、前記目標の位相と、前記同一受信機における異なる時刻間の前記目標の位相の変化量と、前記目標の角度で決定される空間位相を求め、この空間位相から前記目標を測角する測角処理装置を具備する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

目標で反射された送信信号を入射する複数のアンテナと、
この複数のアンテナに入射された反射信号を夫々受信しアナログ信号をデジタル信号に変換する複数の受信機と、
前記各受信機で任意の同一時刻に受信された複数の受信信号と、
前記時刻とは異なる時刻において、同時に前記各受信機で受信された複数の受信信号を用い、
前記目標の振幅と、
前記目標の位相と、
前記同一受信機における異なる時刻間の前記目標の位相の変化量と
前記目標の前記アンテナに対する角度で決定される空間位相を求め、
この空間位相から目標の前記アンテナに対する角度求める測角処理装置
を具備することを特徴とするレーダ装置。

10

【請求項 2】

前記各受信機と測角処理装置との間に、
各受信機からの信号をフーリエ変換し、測角処理装置へ出力するフーリエ変換装置
を具備することを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 3】

前記フーリエ変換装置は、異なる時刻における複数の前記受信信号をフーリエ変換することを特徴とする請求項 2 に記載のレーダ装置。

20

【請求項 4】

前記フーリエ変換装置は、
前記受信信号のサンプル点の奇数点ずつフーリエ変換を行う機能と、
前記受信信号のサンプル点の偶数点ずつフーリエ変換を行う機能
を有することを特徴とする請求項 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 5】

前記フーリエ変換装置の出力から目標信号を検出し、この目標信号の値を前記測角処理装置へ出力する検出装置
を具備することを特徴とする請求項 2 ～ 4 の何れか 1 項に記載のレーダ装置。

30

【請求項 6】

前記各受信機からの信号を合成するビーム合成装置と、前記ビーム合成装置からの信号をフーリエ変換するフーリエ変換装置と、前記フーリエ変換装置の後段に前記フーリエ変換装置の出力から目標信号を検出し、検出した周波数情報を前記測角処理装置へ出力する検出装置を具備することを特徴とする請求項 3、4 の何れか 1 項に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の受信機を用いて目標の測角を行うレーダ装置に関するものである。

【背景技術】

40

【0002】

複数、例えば 2 個の受信機を用いて測角を行う従来のレーダ装置で用いられる処理としてモノパルス処理がある。モノパルス処理は、2 個のアンテナを配置し、それらに対応した 2 個の受信機から構成される受信系を有している。2 個のアンテナパターンの和を Σ ビーム、差を Δ ビームとし、 Δ ビームと Σ ビームの比は角度に対してほぼ直線になることを利用して、アンテナビーム幅以下の精度で目標の測角を行う処理である。モノパルス処理に関する従来技術としては、非特許文献 1 に記載のものがあ

【0003】

【非特許文献 1】Samuel M. Sherman, “Monopulse Principles and Techniques,” Art ech House, INC, ISBN 0-89006-137-8, 1984.

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、モノパルス処理ではアンテナビーム幅内に目標が2個ある場合に、大きな測角誤差が生じる課題がある。以下にその原理を簡単に説明する。

【0005】

ビーム幅内に目標が2個ある場合、 Σ ビームと Δ ビームには、2目標からの信号が位相情報を保持したまま足しあわされた信号が受信される。そのため、各目標の振幅情報が失われ、モノパルス処理を適用しても正しい測角値を得ることができなくなる。

【0006】

本発明は、上記課題を解決するために案出されたものであり、複数の受信機を用いてアンテナビーム幅内の複数目標の測角を行うレーダ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】

【0007】

本発明に係るレーダ装置は、目標で反射された送信信号を入射する複数のアンテナと、この複数のアンテナに入射された反射信号を夫々受信しアナログ／デジタル変換する複数の受信機と、

前記各受信機で任意の同一時刻に受信された複数の受信信号と、前記時刻とは異なる時刻において、同時に前記各受信機で受信された複数の受信信号を用い、前記目標の振幅と、前記目標の位相と、前記同一受信機における異なる時刻間の前記目標の位相の変化量と、前記目標のアンテナに対する角度で決定される空間位相を求め、この空間位相から目標のアンテナに対する角度を求める測角処理装置を具備する。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係るレーダ装置によれば、目標からの反射信号を夫々のアンテナを介して受信し、アナログ／デジタル変換する複数の各受信機で出力された任意の同一時刻に受信された複数の受信信号と、前記時刻とは異なる時刻において、同時に受信された複数の受信信号を測角処理装置で入力し、この測角処理装置は前記目標の振幅と、前記目標の位相と、前記同一受信機における異なる時刻間の前記目標の位相の変化量と、前記目標の角度で決定される空間位相を求め、この空間位相から前記目標を測角するので、ビーム幅内の複数目標の角度を少ない演算量で求めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明のレーダ装置における測角処理方法の好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。

本発明のレーダ装置における測角処理方法は、2つの受信機、及び異なる時刻の受信信号を利用し、2目標の振幅、位相、空間位相、及び2目標のドップラー周波数による位相変化量について方程式を作り、それを解くことで2目標の角度を求めることができる。

【0010】

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1におけるレーダ装置の構成図である。図1を用いて各構成要素の機能について説明する。送信機1から信号が発生され、前記発生された信号は送受切替器2a、2bを通じてそれぞれアンテナ3a、3bから送信信号が空間に出力される。

【0011】

目標からの反射信号は、アンテナ3a、3bそれぞれで受信される。アンテナ3a、3bで受信された信号は、送受切替器2a、2bを通じ、それぞれ受信機4a、4bへ出力される。

【0012】

受信機4a、4bへ入力された受信信号は、受信機4a、4bで位相検波が行われ、ア

10

20

30

40

50

ナログ／デジタル変換（A/D変換）され、測角処理装置 5 へ出力される。

【 0 0 1 3 】

測角処理装置 5 へ入力された受信信号は、以下の通り処理される。

図 2 に測角処理装置 5 の処理手順のブロック図を示す。ある時刻 t でアンテナ 3 a、3 b で受信され、測角処理装置 5 に入力された受信信号を $x_{1,t}$ 及び $x_{2,t}$ と定義する。 f_1 、 f_2 は目標 1、2 におけるドップラー周波数とすると、 $x_{1,t}$ 及び $x_{2,t}$ は次式(1)、(2)で表される。

【 0 0 1 4 】

【数 1】

$$x_{1,t} = g_1 e^{j2\pi f_1 t} + g_2 e^{j2\pi f_2 t} \quad \dots \dots \quad (1)$$

10

$$x_{2,t} = g_1 e^{-j\alpha_1} e^{j2\pi f_1 t} + g_2 e^{-j\alpha_2} e^{j2\pi f_2 t} \quad \dots \dots \quad (2)$$

【 0 0 1 5 】

時刻 $t = 0$ では式(1)、(2)は式(3)、(4)で表され、前記時刻 $t = 0$ とは異なる時刻 $t = T_s$ では、式(1)、(2)は式(5)、(6)で表される。

【 0 0 1 6 】

【数 2】

$$x_{1,0} = g_1 + g_2 \quad \dots \dots \quad (3)$$

20

$$x_{2,0} = g_1 e^{-j\alpha_1} + g_2 e^{-j\alpha_2} \quad \dots \dots \quad (4)$$

$$x_{1,T_s} = g_1 e^{j2\pi f_1 T_s} + g_2 e^{j2\pi f_2 T_s} \quad \dots \dots \quad (5)$$

$$x_{2,T_s} = g_1 e^{-j\alpha_1} e^{j2\pi f_1 T_s} + g_2 e^{-j\alpha_2} e^{j2\pi f_2 T_s} \quad \dots \dots \quad (6)$$

【 0 0 1 7 】

但し、 g_1 、 g_2 は目標 1、2 の複素振幅、 $2\pi f_1 T_s$ 、 $2\pi f_2 T_s$ は目標 1、2 のドップラー周波数による位相変化量、 α_1 、 α_2 は目標 1、2 の角度 ϕ_1 、 ϕ_2 と、アンテナ 3 a とアンテナ 3 b との間隔 d 及び波長 λ で決定される空間位相であり、式(7)、(8)で表される。

30

【 0 0 1 8 】

【数 3】

$$\alpha_1 = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \phi_1 \quad \dots \dots \quad (7)$$

$$\alpha_2 = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \phi_2 \quad \dots \dots \quad (8)$$

式(3)、(4)、(5)、(6)には $|g_1|$ 、 $|g_2|$ 、 $\angle g_1$ 、 $\angle g_2$ 、 f_1 、 f_2 、 α_1 、 α_2 の 8 個の未知数が存在する。

40

【 0 0 1 9 】

前記 8 個の未知数に対し、式(3)、(4)、(5)、(6)の 4 つの複素方程式（8 つの実方程式）が存在するため、前記方程式の解は一意に存在する。 α_1 、 α_2 の解は式(9)、(10)で表される。

【 0 0 2 0 】

【数 4】

$$\alpha_1 = -\cos^{-1} \frac{C+B}{2|A|} + \arg A \quad -\pi < \alpha_n \leq \pi \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

$$\alpha_2 = \cos^{-1} \frac{C+B}{2|A|} + \arg A \quad -\pi < \alpha_n \leq \pi \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (10)$$

但し、

$$A = x_{1,0} x_{2,0}^* - x_{1,T_s} x_{2,T_s}^*$$

$$B = |x_{2,0}|^2 - |x_{1,T_s}|^2$$

$$C = |x_{1,0}|^2 - |x_{2,T_s}|^2$$

である。

10

【0 0 2 1】

前記方程式の解の内、 α_1 、 α_2 から式(11)、(12)を用いて目標の角度 ϕ_1 、 ϕ_2 を求めることができる。

【0 0 2 2】

【数 5】

$$\phi_1 = \arcsin \frac{\lambda \alpha_1}{2\pi d} \quad (11)$$

20

$$\phi_2 = \arcsin \frac{\lambda \alpha_2}{2\pi d} \quad (12)$$

【0 0 2 3】

このように、本実施の形態1を用いることにより、2つの受信機を有するレーダ装置において、2目標の角度を求めることができる。

【0 0 2 4】

実施の形態2.

図3は、本発明の実施の形態2におけるレーダ装置の構成図である。図3を用いて各構成要素の機能について説明する。実施の形態2の構成は、図1に示す実施の形態1の構成における、受信機4a、4bと測角処理装置5の間に、フーリエ変換装置6a、6bと検出装置7a、7bを付加したものである。以下では、フーリエ変換として、FFT (Fast Fourier Transform) を用いた場合の処理を示す。

30

【0 0 2 5】

受信機4a、4bから出力された受信信号は、それぞれフーリエ変換装置6a、6bへ出力される。

【0 0 2 6】

図4にフーリエ変換としてFFTを用いた場合の処理を示す。フーリエ変換装置6a、6bは、時刻 $t = 0$ から時刻 $t = T_s$ の間と、時刻 $t = T_s$ から時刻 $t = 2T_s$ 間の受信機4a、4bからの入力信号に対して、それぞれFFT処理を行う。その結果をそれぞれ検出装置7a、7bへ出力する。

40

【0 0 2 7】

検出装置7a、7bでは、フーリエ変換装置6a、6bからの入力信号から目標信号を検出する。検出された目標信号の振幅、位相を $x_{1,0}$ 、 $x_{2,0}$ 、 x_{1,T_s} 、 x_{2,T_s} として、測角演算処理装置5へ出力され、測角演算処理装置5で測角処理が行われる。

【0 0 2 8】

また、図5にフーリエ変換装置6a、6bにおける別の処理方法を示す。サンプリング間隔 T_s でA/D変換された受信機4a、4bからの入力信号を、奇数点ごと、及び偶数点ごとにFFTを行い、検出装置7a、7bへ出力する。

50

【0029】

このように、本実施の形態においては、FFT処理を行うフーリエ変換装置 6 a、6 b を実施の形態 1 に追加した構成とした。フーリエ変換は、信号対雑音比を改善する効果を有するため、測角精度向上の効果がある。また、信号の振幅を平均する効果も有しているため、信号対雑音比の改善と同様に測角精度向上の効果がある。

【0030】

実施の形態 3.

図 6 は、本発明の実施の形態 3 におけるレーダ装置の構成図である。図 6 を用いて各構成要素の機能について説明する。実施の形態 3 の構成は、実施の形態 2 の構成図（図 3）において、受信機 4 a、4 b からの信号を合成するビーム合成装置 8 と、前記ビーム合成装置 8 の後段にフーリエ変換装置 6 c と、前記フーリエ変換装置 6 c の後段に検出装置 9 を新たに加え、実施の形態 2 の構成図（図 3）における検出装置 7 a、7 b を省いた構成である。

10

【0031】

受信機 4 a、4 b から出力された受信信号は、それぞれフーリエ変換装置 6 a、6 b とビーム合成装置 8 へ出力される。

【0032】

ビーム合成装置 8 では、受信機 4 a、4 b からの入力信号を合成する。例えば受信機 4 a からの入力信号と受信機 4 b からの入力信号を加算しビームを合成する。合成された信号はフーリエ変換装置 6 c へ出力される。

20

【0033】

フーリエ変換装置 6 c では、ビーム合成装置 8 からの入力信号に対し FFT 処理を行う。フーリエ変換装置 6 c では、フーリエ変換装置 6 a、6 b の様に異なる時間で FFT 処理を行わず、観測された全時間分のデータに対し FFT 処理を行う。FFT 処理後のデータは検出装置 9 へ出力される。

【0034】

検出装置 9 では、フーリエ変換装置 6 c からの入力信号に対して目標検出処理を行う。目標が検出された時のドップラー周波数等の情報を、測角処理装置 5 へ出力する。

【0035】

測角処理装置 5 では、前記検出装置 9 から入力されたドップラー周波数等の情報を用い、フーリエ変換装置 6 a、6 b から入力された信号から、目標の信号成分を抽出し、測角処理を行う。

30

【0036】

このように、本実施の形態においては、実施の形態 2 の構成図（図 3）において、受信機 4 a、4 b からの信号を合成するビーム合成装置 8 と、前記ビーム合成装置 8 の後段にフーリエ変換装置 6 c と、前記フーリエ変換装置 6 c の後段に検出装置 9 を新たに加え、実施の形態 2 の構成図（図 3）における検出装置 7 a、7 b を省いた構成とした。

【0037】

ビーム合成装置 8 でアンテナ 3 a、3 b で受信された信号を合成して信号対雑音比を改善することができる。またフーリエ変換装置 6 c では観測された全時間分のデータに対し FFT を行うため、信号対雑音比を改善することができ、検出装置 9 における検出性能が改善される。

40

【産業上の利用可能性】

【0038】

本発明のパルスレーダ装置は、例えば、目標とする航空機を追尾する装置や航空管制レーダ等に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】本発明の実施の形態 1 におけるレーダ装置の構成図である。

【図 2】実施の形態 1 のレーダ装置における測角処理装置の処理手順を示すブロック図で

50

ある。

【図 3】 本発明の実施の形態 2 におけるレーダ装置の構成図である。

【図 4】 フーリエ変換装置にFFTを用いた場合の処理説明図である。

【図 5】 にフーリエ変換装置の別処理方法を示す処理説明図である。

【図 6】 本発明の実施の形態 3 におけるレーダ装置の構成図である。

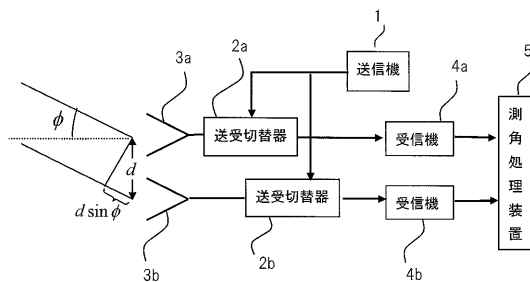
【符号の説明】

【0040】

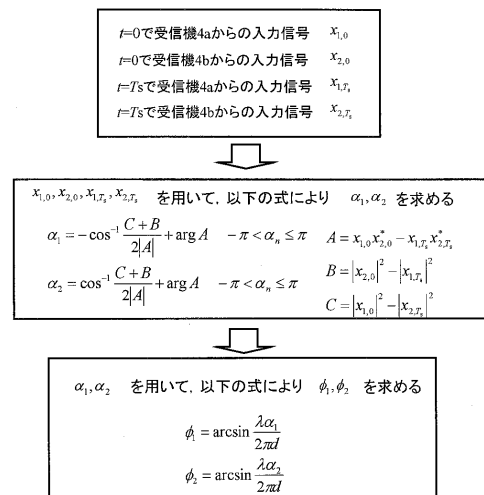
1；送信機、2a、2b；送受切替器、3a、3b；アンテナ、4a、4b；受信機、5；測角処理装置、6a、6b、6c；フーリエ変換装置、7a、7b；検出装置、8；ビーム合成装置、9；検出装置。

10

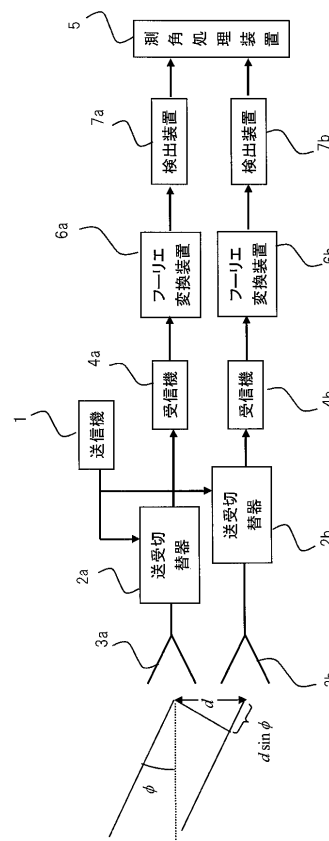
【図 1】



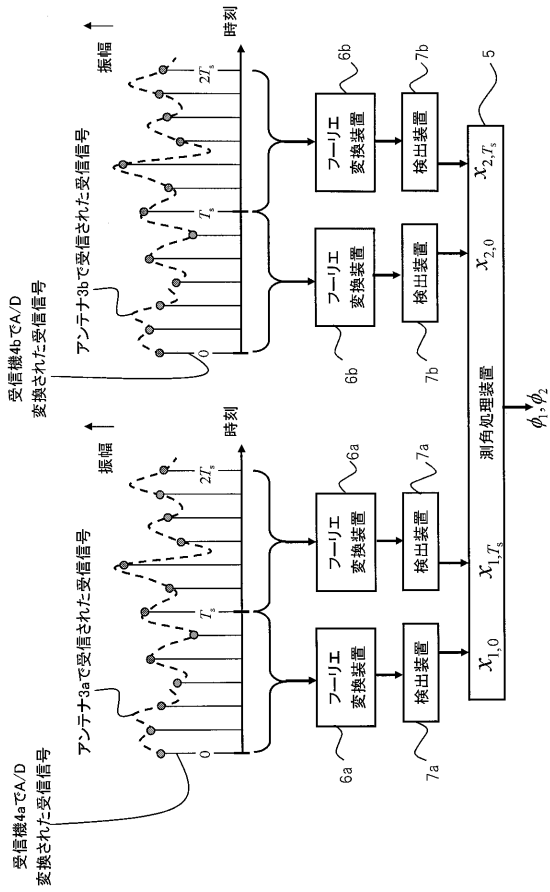
【図 2】



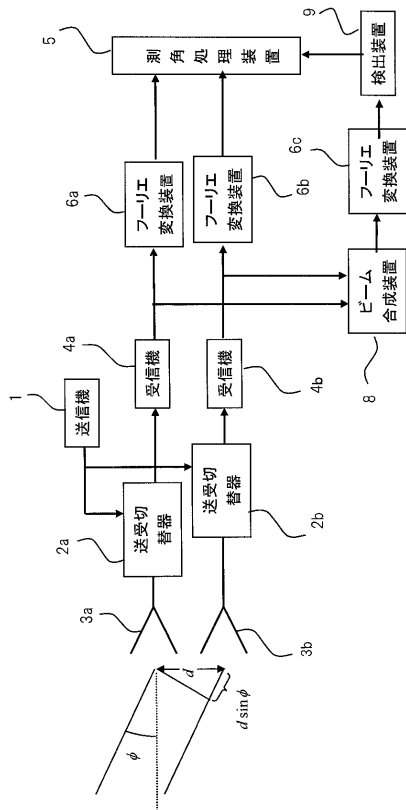
【図 3】



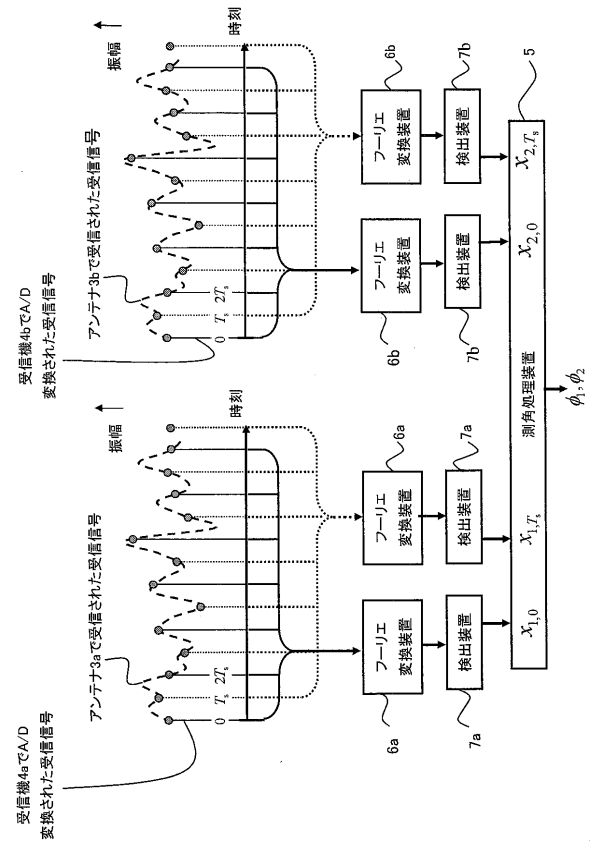
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 磯田 健太郎

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 原 照幸

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

Fターム(参考) 5J070 AC11 AD09 AE04 AF01 AH31 AH35 AK22 AK28 BA01 BB02