

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年10月25日(25.10.2018)



(10) 国際公開番号
WO 2018/194004 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 7/06 (2006.01) *H04B 7/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/015637
- (22) 国際出願日: 2018年4月16日(16.04.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-082710 2017年4月19日(19.04.2017) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 元井 桂一 (MOTOI Keiichi); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 大島 直樹 (OSHIMA Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹 (SHIMOSAKA Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: PROCESSING DEVICE, PROCESSING METHOD, PROCESSING PROGRAM AND CALIBRATION DEVICE FOR ARRAY ANTENNA

(54) 発明の名称: 処理装置、処理方法、処理プログラム及びアレイアンテナの校正装置

[図1]

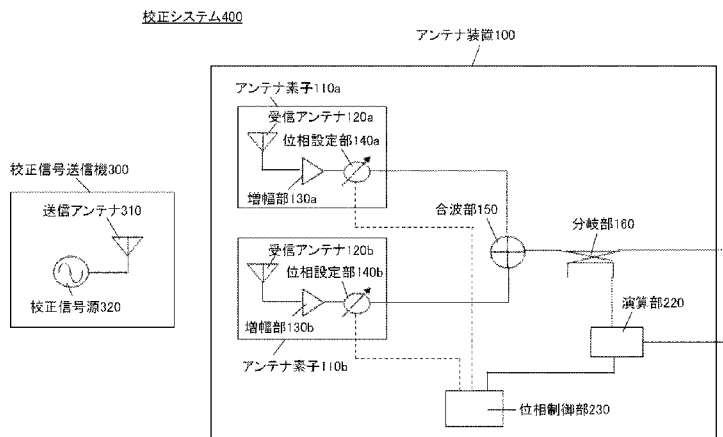


FIG. 1:
100 Antenna device
110a, 110b Antenna element
120a, 120b Receiving antenna
130a, 130b Amplification unit
140a, 140b Phase setting unit
150 Multiplexing unit
160 Branch unit
220 Computing unit
230 Phase control unit
300 Calibration signal transmitter
310 Transmitting antenna
320 Calibration signal source
400 Calibration system

(57) Abstract: In order to enable a reduction in the time required to calibrate the amplitude phase of an antenna device, this processing device is provided with: a setting unit group which performs setting from a predetermined three or more-valued phase value regarding the phase value of a signal received by each of a plurality of antenna elements or a signal transmitted from each of the antenna elements with respect to a calibration signal, on the basis of information extracted from one control information, and derives set signals that are signals on which the setting has been performed; and a computing unit which outputs a correlation value that is a value indicating a correlation between the sum of the set signals and the control information.



WO 2018/194004 A1

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：アンテナ装置の振幅位相の校正に要する時間を短縮し得るため、処理装置は、校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号又は前記アンテナ素子の各々からの送信信号の、位相値について、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行い、前記設定を行った信号である設定信号を導出する設定部群と、前記設定信号の和と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する演算部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

処理装置、処理方法、処理プログラム及びアレイアンテナの校正装置

技術分野

[0001] 本発明はアンテナの校正に関する。

背景技術

[0002] 近年のモバイルトラフィックの急増にともない、大容量通信に向けた指向性の強いミリ波帯通信を実現するための、多数のアンテナ素子を搭載したアンテナ装置における高精度なビーム制御が望まれる。そのような、高精度なビーム制御を実現し得るビームパターンを形成するためには、各アンテナ素子の振幅位相偏差を高精度に測定、調整することが重要である。

[0003] アレイアンテナの振幅位相偏差を測定する技術として、特許文献1及び非特許文献1は、各アンテナ素子が備える移相器の位相値を変化させて、合成出力の振幅強度の情報から校正する手法を開示する。この方法は、素子電界ベクトル回転法（RVE（rotating element electric field vector）法）といわれる。

[0004] また、特許文献2及び非特許文献2は、各アンテナ素子が備える移相器の二値位相値（ 0° 、 180° ）を用いて位相変調を各アンテナ素子に施すことで、各アンテナ素子の振幅位相偏差を算出する方法を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭57-93267号公報

特許文献2：国際公開第2006/051614号

非特許文献

[0006] 非特許文献1：真野清司、片木孝至、“フェーズドアレイアンテナの素子振幅位相測定法—素子電界ベクトル回転法、”信学論（B）、vol. J65-B、no. 5、pp. 555-560、May 1982.

非特許文献2：紀平一成、平田和史、宮下裕章、牧野滋、“直交符号を利用したフェーズドアレーアンテナ校正法、” 電子情報通信学会技術研究報告 A・P、(アンテナ・伝播)、105巻、399号、pp. 25-30、2005年11月。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 特許文献1及び非特許文献1に記載された校正法においては、各アンテナ素子の位相設定部の位相値を逐一変化させた信号強度の変化を測定し、それを全アンテナ素子に対して行う必要がある。そのため、同校正法には、多数の測定に長い時間を要する課題がある。
- [0008] また、特許文献2及び非特許文献2に記載された校正法は、各アンテナ素子の移相器が入力信号に対して2値の位相値により位相変調を施している。そのため、同校正法は、位相設定部の全位相値の位相誤差を校正係数に反映させるために測定を複数回行う必要がある。特許文献2が開示する校正法の場合、 m ビットのデジタル移相器では 2^{m-1} 組の位相値の組合せについての測定が必要である。従い、同方法には、位相設定部のビット数増加に応じて、校正に要する時間が増大する課題がある。
- [0009] 本発明は、アンテナ装置の振幅位相の校正に要する時間を短縮し得る処理装置等の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明の処理装置は、校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号又は前記アンテナ素子の各々からの送信信号の、位相値について、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行い、前記設定を行った信号である設定信号を導出する設定部群と、前記設定信号の和と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する演算部と、を備える。

発明の効果

[0011] 本発明の処理装置等は、アンテナ装置の振幅位相の校正に要する時間を短縮し得る。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第一実施形態の校正システムの構成例を表す概念図である。

[図2]第三実施形態の校正システムの構成例を表す概念図である。

[図3]各アンテナ素子からの合波直前の信号を表す図である。

[図4]各アンテナ素子各信号を合波したことを想定した合波信号を表す図である。

[図5]合波信号を復調した信号を表す図である。

[図6]4値の位相変調が行われた信号に対して各アンテナ素子に対応する位相値列により復調した信号を表す図である。

[図7]第四実施形態の校正システムの第一の構成例を表す概念図である。

[図8]第四実施形態の校正システムの第二の構成例を表す概念図である。

[図9]実施形態の処理装置の最小限の構成を表すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら本発明を実施するための形態（実施形態）について詳しく説明する。

<第一実施形態>

第一実施形態は、アダマール行列の拡張により多値の位相値への位相変調（以下、「多値位相変調」という。）を行うことにより振幅位相偏差の校正を行う校正システムに関する実施形態である。

[構成]

図1は、第一実施形態の校正システムの例である校正システム400の構成を表す概念図である。なお、図1に破線で表す経路は制御用信号の経路である。

[0014] 校正システム400は、校正信号送信機300と、アンテナ装置100とを備える。

[0015] 校正信号送信機300は、校正信号源320と、送信アンテナ310とを

備える。

- [0016] 校正信号源 320 は、校正用の信号を生成する。校正信号源 320 は、生成した校正用の信号を、送信アンテナ 310 に送付する。
- [0017] 送信アンテナ 310 は、校正信号源 320 から送付された校正用の信号を無線電波に変換し、変換後の無線電波をアンテナ装置 100 に向けて送信する。
- [0018] アンテナ装置 100 は、図 1 に表す各アンテナ素子の位相設定部の各々に 3 値以上の位相値の位相変調を行わせることで、各アレイアンテナ素子間の相対振幅位相偏差を検出する装置である。
- [0019] アンテナ装置 100 は、アンテナ素子 110 a 及び 110 b と、合波部 150 と、分岐部 160 と、位相制御部 230 と、演算部 220 とを備える。
- [0020] 位相制御部 230 は制御情報を生成する。当該制御情報には、位相設定部 140 a が、位相設定部 140 a への入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第一制御情報が含まれる。また、当該制御情報には、位相設定部 140 b が、位相設定部 140 b への入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第二制御情報が含まれる。
- [0021] 制御情報は、例えば、後述のように、位相設定部 140 a 及び 140 b の各々に設定させる位相値を要素とする行列で表される情報である。そして、当該要素の所定の列が、前記第一制御情報に対応する。また、当該要素の他の列が、前記第二制御情報に対応する。
- [0022] 位相制御部 230 は、生成した前記制御情報から前記第一制御情報及び前記第二制御情報を作成（抽出）する。そして、位相制御部 230 は、第一制御情報を位相設定部 140 a に送付する。また、位相制御部 230 は、第二制御情報を位相設定部 140 b に送付する。
- [0023] 位相制御部 230 は、さらに、前記制御情報を制御用の信号としてではなく処理用の信号として、演算部 220 に送付する。
- [0024] アンテナ素子 110 a は、受信アンテナ 120 a と、増幅部 130 a と、位相設定部 140 a とを備える。

- [0025] 受信アンテナ120aは、校正信号送信機300が送信した電波を受け、当該電波を電気信号に変換する。受信アンテナ120aは、変換した電気信号を増幅部130aに送付する。
- [0026] 増幅部130aは、受信アンテナ120aから送付された信号を増幅した信号を生成する。増幅部130aは、増幅した信号を位相設定部140aに送付する。増幅部130aは、典型的には、低雑音増幅器である。
- [0027] 位相設定部140aは、位相制御部230aから送付された第一制御情報に従い、増幅部130aから送付された信号の位相値を、前記第一制御情報が指定する位相値に設定する。位相設定部140aは、設定した位相値の信号を合波部150に送付する。位相設定部140aは、市販の移相器や位相器から選択して用いることができる。
- [0028] アンテナ素子110bは、受信アンテナ120bと、増幅部130bと、位相設定部140bとを備える。
- [0029] アンテナ素子110bの説明は、前述のアンテナ素子110aの説明において次の読替えを行ったものである。すなわち、受信アンテナ120a、増幅部130a及び位相設定部140aを、この順に、受信アンテナ120b、増幅部130b及び位相設定部140bと読み替える。また、第一制御信号を第二制御信号と読み替える。
- [0030] 合波部150は、アンテナ素子110a及び110bの各々から送付された信号を合波し、合波後の信号を分岐部160に出力する。
- [0031] 分岐部160は、合波部150から送付された信号を二つの出力信号に分ける。分岐部160は、二つの出力信号のうち的一方を、演算部220に送付する。分岐部160は、また、二つの出力信号のうちの方を、アンテナ装置100の外部に出力する。分岐部160は、例えば、カプラーである。
- [0032] 演算部220は、位相制御部230から送付された前記制御情報と、分岐部160から送付された合波信号との相関を表す値である相関値を導出する。演算部220は、導出した相関値から、アンテナ素子110a及び110bの校正を行うための校正情報を導出する。

[0033] 以上の説明では、アンテナ装置が二つのアンテナ素子を備える場合について説明した。しかしながら、第一実施形態のアンテナ装置は、3つ以上のアンテナ素子を備えても構わない。

[動作]

次に、第一実施形態の校正システムが行う動作の動作例について説明する。当該動作例は、位相設定部140a及び140bの各々が、Nビット（Nは2以上の整数）の位相設定部（例えば位相器）の場合についての動作例である。当該動作例は、さらに、位相制御部230が生成する制御情報に含まれる位相値が4値である場合についての動作例である。

[0034] K個のアンテナ素子を校正する場合、まず、次に示す式1-1及び式1-2により、 $N \geq K$ を満足する次元のアダマール行列 H_N を定義する（特許文献2及び非特許文献2参照）。

$$H_2(\theta_1) = \exp(i\theta_1) \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad H_{2N}(\theta_1) = \begin{bmatrix} H_N(\theta_1) & H_N(\theta_1) \\ H_N(\theta_1) & -H_N(\theta_1) \end{bmatrix} \quad \dots \text{式1-1}$$

$$H_4(\theta_1) = \exp(i\theta_1) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{式1-2}$$

[0035] ここで、式1-1及び式1-2に表す θ_1 は位相値である。

[0036] 次に、多値位相変調に対応させるために、 $(\theta_2, \theta_2 + 180^\circ)$ の位相値の組（位相値組）から生成したアダマール行列を組み合わせて拡張した拡張アダマール行列を、次に示す式1-3により定義する。ここで、 $(\theta_2, \theta_2 + 180^\circ)$ の位相値組は、 $(\theta_1, \theta_1 + 180^\circ)$ の位相値組と異なる位相値組である。式1-3に表す行列の各要素が多値位相変調の位相値列に対応する。

$$H_{2N}(\theta_1, \theta_2) = \begin{bmatrix} H_N(\theta_1) & H_N(\theta_1) & H_N(\theta_2) & H_N(\theta_2) \\ H_N(\theta_1) & -H_N(\theta_1) & H_N(\theta_2) & -H_N(\theta_2) \end{bmatrix} \quad \dots \text{式1-3}$$

[0037] また、 $H_{2N}(\theta_1, \theta_2)$ の各行を行ベクトル a_i と定義する。行ベクトル a

a_i は、次に示す式 1-4 を満たす。

$$a_i \cdot a_k^* = \begin{cases} 2N & (i = k) \\ 0 & (i \neq k) \end{cases} \quad \dots \quad \text{式 1-4}$$

[0038] 行ベクトル a_i を位相設定部の位相値制御の符号列として用い、校正基準信号 $S(t)$ を受信した際の位相変調信号とする。すると、各アンテナ素子の出力信号 $x_i(t)$ は、次に示す式 1-5 で表される。

$$x_i(t) = A_i e^{i\phi_i} a_i(t) S(t) \quad \dots \quad \text{式 1-5}$$

[0039] そして、合波部 150 において合波された各アンテナ素子からの信号の合波信号 $y(t)$ は、次に示す式 1-6 で表される。

$$y(t) = \sum_{i=1}^n x_i(t) = \sum_{i=1}^n A_i e^{i\phi_i} a_i(t) S(t) \quad \dots \quad \text{式 1-6}$$

[0040] 次に、演算部 220 は、式 1-6 により表される合波信号 $y(t)$ と任意の a_k との相互相関値 β_k を次に示す式 1-7 により導出する。ここで、式 1-7 においては、周期内での振幅位相偏差は一定であるものとしている。

$$\begin{aligned} \beta_k &= \int \frac{y(t)}{S(t)} a_k(t)^* dt \\ &= \int \left(\sum_{i=1}^n A_i e^{i\phi_i} a_i(t) \right) a_k(t)^* dt \\ &= \sum_{i=1}^n \left[A_i e^{i\phi_i} \int (a_i(t) a_k(t)^*) dt \right] \\ &= A_k e^{i\phi_k} \quad \dots \quad \text{式 1-7} \end{aligned}$$

[0041] 以上説明した動作により、演算部 220 は、各アンテナ素子の振幅変動及び位相変動を、各位相設定部が入力信号について設定し得る複数の位相値について、一括して求めることができる。そのため、演算部 220 は、例えば、 $k=1$ のときの相互相関値 β_1 を基準にして、次に示す式 1-8 により、各アンテナ素子の相対校正係数 ρ_k を導出することができる。

$$\rho_k = \frac{\beta_k}{\beta_1} = \frac{A_k e^{i\phi_k}}{A_1 e^{i\phi_1}} \quad \dots \quad \text{式1-8}$$

[0042] 一方、3つのアンテナ素子を備えるアンテナ装置に対しては、次に示す式1-9の $H_4(\theta_1, \theta_2)$ の最右辺の下3行を各アンテナ素子の位相変調コードとして各々用いれば、4値の位相値の位相変調が可能となる。

$$H_4(\theta_1, \theta_2) = \left(H_4(\theta_1) | H_4(\theta_2) \right) = \left(\exp(i\theta_1) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \middle| \exp(i\theta_2) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \right) \quad \dots \quad \text{式1-9}$$

[0043] 一方、4乃至7個のアンテナ素子を備えるアンテナ装置に対しては、次に示す式1-10中の $H_8(\theta_1, \theta_2)$ の最右辺の2~7行目のいずれかを各アンテナ素子の位相変調コードとして各々用いればよい。

$$H_8(\theta_1, \theta_2) = \left(H_8'(\theta_1) | H_8'(\theta_2) \right) = \left(\exp(i\theta_1) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \middle| \exp(i\theta_2) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \right) \quad \dots \quad \text{式1-10}$$

[0044] また、更なる多値位相変調を行う場合には、拡張アダマール行列を次に示す式1-11のようにさらに拡張すればよい。

$$H_{2N}(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = \left[\begin{array}{c|c|c|c} H_N(\theta_1) & H_N(\theta_1) & H_N(\theta_2) & H_N(\theta_2) \\ H_N(\theta_1) & -H_N(\theta_1) & H_N(\theta_2) & -H_N(\theta_2) \end{array} \middle| \begin{array}{c|c|c|c} H_N(\theta_3) & H_N(\theta_3) & H_N(\theta_4) & H_N(\theta_4) \\ H_N(\theta_3) & -H_N(\theta_3) & H_N(\theta_4) & -H_N(\theta_4) \end{array} \right] \quad \dots \quad \text{式1-11}$$

[0045] 以上説明したように、第一実施形態の校正システムは、各設定部の位相を制御する制御情報に含まれる位相値列を多値化する。これにより前記校正シ

システムは、各設定部における位相の設定を、当該位相値列を含む制御情報により行わせることを可能にする。

[効果]

第一実施形態の校正システムは、各設定部において入力信号に対して位相を設定するための制御情報に含まれる位相値列を多値化する。これにより前記校正システムは、各設定部における位相の設定を、当該位相値列を含む行列からなる一つの制御情報により行わせることを可能にする。そのため、前記校正システムは、短時間での前記設定を可能にする。

[0046] さらに、前記校正システムは、各設定部において位相を設定した受信信号を合波した合波信号と制御情報との相関値を導出する。そのため、前記校正システムは、一つながり（一回）の演算処理により相関値を導出することができる。

[0047] 以上により、前記校正システムは、短時間での前記相関値の導出を可能にする。

[0048] 前記校正システムは、さらに、前記相関値から各アンテナ素子の振幅位相の校正情報（校正係数）の導出を行う。前述のように前記相関値の導出に要する時間が短いので、前記校正システムは、短時間での校正情報の導出が可能である。

<第二実施形態>

第二実施形態は、各々のアンテナ素子について4又は8の位相値を用いる校正システムについての実施形態である。

[構成]

第二実施形態の校正システムは、図1に表す第一実施形態の校正システム400と同じである。校正システム400の説明は前述の通りである。

[動作]

次に、第二実施形態の校正システムが行う動作例を説明する。当該動作例は、位相設定部140a及び140bの各々が、Nビット（Nは2以上の整数）の位相設定部の場合についての動作例である。当該動作例は、さらに、

位相制御部230から位相設定部140a及び140bの各々に送られる制御情報に含まれる位相値が4値である場合についての動作例である。

[0049] ここで、四元数 $(a + bi + cj + dk$ (ここで、 a, b, c, d は実数であり、 i, j, k は四元数の虚数単位を表す。)) の実行列表示は、次に示す式2-1の通りである。

$$\begin{pmatrix} a & b & c & d \\ -b & a & -d & c \\ -c & d & a & -b \\ -d & -c & b & a \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + b \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + c \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} + d \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \dots \text{式2-1}$$

[0050] 式2-1の、 a に $\exp(i\theta) \times 1 = \exp(i\theta) \times \exp(i0)$ を代入する。また、 b に $\exp(i\theta) \times i = \exp(i\theta) \times \exp(i\pi/2)$ を代入する。また、 c に $\exp(i\theta) \times (-1) = \exp(i\theta) \times \exp(i\pi)$ を代入する。また、 d に $\exp(i\theta) \times (-i) = \exp(i\theta) \times \exp(i3\pi/2)$ を代入する。そして、式2-1で定義される C_4' を定義し、前述の制御情報を生成する行列 C_4' の一例として用いる。また、 C_4' の各行を行ベクトル b_i と定義する。すると、 C_4' は次に示す式2-2により表される。

$$C_4'(\theta) = \exp(i\theta) \begin{pmatrix} e^{i0} & e^{i\frac{\pi}{2}} & e^{i\pi} & e^{i\frac{3\pi}{2}} \\ e^{i\frac{3\pi}{2}} & e^{i0} & e^{i\frac{\pi}{2}} & e^{i\pi} \\ e^{i0} & e^{i\frac{3\pi}{2}} & e^{i0} & e^{i\frac{3\pi}{2}} \\ e^{i\frac{\pi}{2}} & e^{i0} & e^{i\frac{\pi}{2}} & e^{i0} \end{pmatrix} = \exp(i\theta) \begin{pmatrix} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & 1 & -i \\ i & 1 & i & 1 \end{pmatrix} \dots \text{式2-2}$$

[0051] また、 C_4' の各行ベクトル b_i は、次に示す式2-3を満たす。

$$b_i \cdot b_k^* = \begin{cases} 4 & (i = k) \\ 0 & (i \neq k) \\ 4i & (i = 1, k = 2 \text{ or } i = 4, k = 3) \end{cases} \dots \text{式2-3}$$

[0052] しかしながら、上記行ベクトル b_i 単体では、任意の $i \neq k$ に対して直交性を担保できない。そのため、行列 $C_4'(\theta)$ の共役行列 $(C_4'(\theta))^*$ を用いて拡張した行列 C_4 を、次に示す式 2-4 により定義する。

$$C_4(\theta_1, \theta_2) = \left(C_4'(\theta_1) \left| C_4'(\theta_2) \right. \right)^* \quad \dots \text{式2-4}$$

$$= \left(\exp(i\theta_1) \begin{bmatrix} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & 1 & -i \\ i & 1 & i & 1 \end{bmatrix} \left| \exp(-i\theta_2) \begin{bmatrix} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & 1 & i \\ -i & 1 & -i & 1 \end{bmatrix} \right. \right) \dots \text{式2-4}$$

[0053] 行ベクトル a_i は、次に示す式 2-5 を満たす。そのため、第一実施形態の場合と同様に、校正係数を導出することができる。

$$a_i \cdot a_k^* = \begin{cases} 8 & (i = k) \\ 0 & (i \neq k) \end{cases} \quad \dots \text{式2-5}$$

[0054] この際に、第二実施形態のアンテナ装置において、 $\theta_1 = \theta_2 = 0$ (すなわち、 0° 、 90° 、 180° 、 270° の4値の位相) を用いた場合には、行列 C_4 は、次に示す式 2-6 により表される。

$$C_4(0,0) = \left(C_4'(0) \left| C_4'(0) \right. \right)^* \quad \dots \text{式2-6}$$

$$= \left(\begin{bmatrix} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & 1 & -i \\ i & 1 & i & 1 \end{bmatrix} \left| \begin{bmatrix} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & 1 & i \\ -i & 1 & -i & 1 \end{bmatrix} \right. \right) \dots \text{式2-6}$$

[0055] 式 2-6 の最右辺の上二行の行列 $C_{4,1\sim 2}$ 、すなわち、

$$C_{4,1\sim 2}(0,0) = \left(\begin{bmatrix} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \end{bmatrix} \left| \begin{bmatrix} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \end{bmatrix} \right. \right) \quad \dots \text{式2-7}$$

[0056] を、各アンテナ素子の位相設定部の位相値制御の符号列として、各々用いる。

[0057] 一方、 $\theta_1 = 0$ 、 $\theta_2 = \pi/4$ (すなわち、 0° 、 90° 、 180° 、 270° 、 45° 、 135° 、 225° 、 315° の8値位相) を用いる場合は、行列 C_4 は次に示す式 2-8 で表される。

$$C_4\left(0, \frac{\pi}{4}\right) = \left(\left[\begin{array}{cccc} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & 1 & -i \\ i & 1 & i & 1 \end{array} \right] \middle| \exp\left(-i\frac{\pi}{4}\right) \left[\begin{array}{cccc} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & 1 & i \\ -i & 1 & -i & 1 \end{array} \right] \right) \dots \text{式2-8}$$

[0058] 式2-8の右辺のうち、上2行の行列 $C_{4, 1\sim 2}$ 、すなわち

$$C_{4,1\sim 2}\left(0, \frac{\pi}{4}\right) = \left(\left[\begin{array}{cccc} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \end{array} \right] \middle| \exp\left(-i\frac{\pi}{4}\right) \left[\begin{array}{cccc} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \end{array} \right] \right) \dots \text{式2-9}$$

[0059] を各アンテナ素子110a、110bの位相設定部の位相値制御の符号列として、各々を用いる。

[効果]

第二実施形態の校正システムは、まず、第一実施形態の校正システムと同様な効果を奏する。

[0060] それに加えて、前記校正システムは、8値の位相を用いる場合においても、コード長が8と第一実施形態の場合と比べて短くなる。そのため、前記校正システムは、デジタル演算を実行する際の負荷を低減するという、更なる効果が奏する。

<第三実施形態>

第三実施形態は、三つ以上のアンテナ素子を備える校正システムについての実施形態である。

[構成]

図2は、第三実施形態の校正システムの例である校正システム400aの構成を表す概念図である。なお、図2に破線で表す経路は制御用信号の経路である。

[0061] 校正システム400aは、校正信号送信機300と、アンテナ装置100aとを備える。

[0062] 図2に表す校正信号送信機300の説明は、図1に表す校正信号送信機300の説明と同じである。

[0063] アンテナ装置100aは、各アンテナ素子の位相設定部の各々に少なくと

も4値の位相値の位相変調を行わせることで、各アンテナ素子間の相対振幅位相偏差を検出する装置である。

[0064] アンテナ装置100aは、アンテナ素子110aa乃至110bbと、合波部150aと、分岐部160と、位相制御部230aと、演算部220aとを備える。

[0065] 位相制御部230aはA制御情報を生成する。

[0066] 当該A制御情報には、位相設定部140aaが入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第一A制御情報が含まれる。当該A制御情報には、また、位相設定部140abが入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第二A制御情報が含まれる。当該A制御情報には、また、位相設定部140baが入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第三A制御情報が含まれる。当該A制御情報には、また、位相設定部140bbが入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第四A制御情報が含まれる。

[0067] 当該A制御情報には、位相反転部141aaが入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第五A制御情報が含まれる。当該A制御情報には、位相反転部141abが入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第六A制御情報が含まれる。当該A制御情報には、位相反転部141baが入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第七A制御情報が含まれる。当該A制御情報には、位相反転部141bbが入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第八A制御情報が含まれる。

[0068] A制御情報は、例えば、後述のように、位相設定部140aa乃至140bb及び位相反転部141aa乃至141bbの各々に設定させる位相値を要素とする行列で表される情報である。そして、例えば、当該要素の所定の列が、前記第一A乃至第八A制御情報の各々に対応する。

[0069] 位相制御部230aは、生成した前記A制御情報から前記第一A制御情報乃至前記第四A制御情報の各々を作成（抽出）する。

- [0070] そして、位相制御部230aは、第二A制御情報を位相設定部140abに送付する。位相制御部230aは、また、第二A制御情報を位相設定部140abに送付する。位相制御部230aは、また、第三A制御情報を位相設定部140baに送付する。位相制御部230aは、また、第四A制御情報を位相設定部140bbに送付する。位相制御部230aは、また、第五A制御情報を位相反転部141aaに送付する。位相制御部230aは、また、第六A制御情報を位相反転部141abに送付する。位相制御部230aは、また、第七A制御情報を位相反転部141baに送付する。位相制御部230aは、また、第八A制御情報を位相反転部141bbに送付する。
- [0071] 位相制御部230aは、さらに、前述のA制御情報を、制御用の信号としてではなく、処理用の信号として、演算部220aに送付する。
- [0072] アンテナ素子110aaは、受信アンテナ120aaと、増幅部130aaと、位相設定部140aaと、位相反転部141aaと備える。
- [0073] 受信アンテナ120aaは、校正信号送信機300が無線空間に放出した電波を受け、当該電波を電気信号に変換する。受信アンテナ120aaは、変換した電気信号を増幅部130aaに送付する。
- [0074] 増幅部130aaは、受信アンテナ120aaから送付された信号を増幅した信号を生成する。増幅部130aaは、増幅した信号を位相設定部140aaに送付する。増幅部130aaは、典型的には、低雑音増幅部である。
- [0075] 位相設定部140aaは、位相制御部230aから送付された制御情報に従い、増幅部130aから送付された信号の位相値を設定する。位相設定部140aは、位相値を設定した信号を合波部150aに送付する。
- [0076] アンテナ素子110abは、受信アンテナ120abと、増幅部130abと、位相設定部140abと、位相反転部141abを備える。
- [0077] アンテナ素子110abの説明は、前述のアンテナ素子110aaの説明において、次の読替えを行ったものである。すなわち、受信アンテナ120aaを受信アンテナ120abと読み替える。また、増幅部130aaを増

幅部 130 a b と読み替える。また、位相設定部 140 a a を位相設定部 140 a b と読み替える。また、位相反転部 141 a a を位相反転部 141 a b と読み替える。

[0078] アンテナ素子 110 b a は、受信アンテナ 120 b a と、増幅部 130 b a と、位相設定部 140 b a と、位相反転部 141 b a を備える。

[0079] アンテナ素子 110 b a の説明は、前述のアンテナ素子 110 a a の説明において、次の読替えを行ったものである。すなわち、受信アンテナ 120 a a を受信アンテナ 120 b a と読み替える。また、増幅部 130 a a を増幅部 130 b a と読み替える。また、位相設定部 140 a a を位相設定部 140 b a と読み替える。また、位相反転部 141 a a を位相反転部 141 b a と読み替える。

[0080] アンテナ素子 110 b b は、受信アンテナ 120 b b と、増幅部 130 b b と、位相設定部 140 b b と、位相反転部 141 b b を備える。

[0081] アンテナ素子 110 b b の説明は、前述のアンテナ素子 110 a a の説明において、次の読替えを行ったものである。すなわち、受信アンテナ 120 a a を受信アンテナ 120 b b と読み替える。また、増幅部 130 a a を増幅部 130 b b と読み替える。また、位相設定部 140 a a を位相設定部 140 b b と読み替える。また、位相反転部 141 a a を位相反転部 141 b b と読み替える。

[0082] 合波部 150 a は、アンテナ素子 110 a a 乃至 110 b b の各々から送付された信号を合波し、合波後の信号を分岐部 160 に出力する。

[0083] 分岐部 160 は、合波部 150 から送付された信号を二つの出力信号に分ける。分岐部 160 は、二つの出力信号のうち的一方を、演算部 220 a に送付する。分岐部 160 は、また、二つの出力信号のうちの方を、アンテナ装置 100 a の外部に出力する。

[0084] 演算部 220 a は、位相制御部 230 a から送付された前記第一 A 乃至第四 A 制御情報の各々と、分岐部 160 から送付された信号との相関を表す値である相関値を導出する。演算部 220 は、さらに、相関値から、各アンテ

ナ素子の位相を校正するための校正情報を導出する。

[0085] 図2には、アンテナ装置が四つのアンテナ素子を備える場合の例を表した。しかしながら、第二実施形態のアンテナ装置が備えるアンテナ素子の数は、三つ以上であれば任意である。

[動作]

次に、第三実施形態の校正システムの動作例を説明する。当該動作例は、位相設定部140aa乃至140bbの各々が、Nビット（Nは2以上の整数）の位相設定部（位相器）の場合についての動作例である。当該動作例は、さらに、位相制御部230aから位相設定部140aa乃至140bbの各々に送られる制御情報に含まれる位相値が4値の場合についての動作例である。

[0086] 前述のA制御情報を生成する行列 C_4 として、第一実施形態において説明した式2-4で表されるものを用いる。

[0087] その際に、 $\theta_1 = \theta_2 = 0$ 、すなわち、 0° 、 90° 、 180° 、 270° の4値の位相を用いると、行列 C_4 は次に示す式3-1で表される。

$$C_4(0,0) = \left(C_4'(0) \middle| \left(C_4'(0) \right)^* \right) = \begin{pmatrix} 1 & i & -1 & -i & \left| & 1 & -i & -1 & i \\ -i & 1 & i & -1 & \left| & i & 1 & -i & -1 \\ 1 & -i & 1 & -i & \left| & 1 & i & 1 & i \\ i & 1 & i & 1 & \left| & -i & 1 & -i & 1 \end{pmatrix} \right. \dots \text{式3-1}$$

[0088] 式3-1の右辺における3行目及び4行目の行ベクトルにおいては、（1、±i）のみの3値表現となる。そのため、演算部220aは、4つのアンテナ素子の各位相設定部が設定し得る4値の位相（±1、±i）を一度の校正動作において利用することはできない。

[0089] そこで、式3-1を、次に示す式3-2のようなアダマール積表示に分解する。

$$\begin{aligned}
 c_{4,8}(0,0) &= \left(C_4'(0) \left(C_4'(0) \right)^* \right) \\
 &= \left(\begin{array}{cccc|cccc} 1 & i & -1 & -i & 1 & -i & -1 & i \\ -i & 1 & i & -1 & i & 1 & -i & -1 \\ 1 & -i & (-1) \times (-1) & (-1) \times (+i) & 1 & i & (-1) \times (-1) & (-1) \times (-i) \\ i & 1 & (-1) \times (-i) & (-1) \times (-1) & -i & 1 & (-1) \times (+i) & (-1) \times (-1) \end{array} \right) \\
 &= \left(\left(\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \end{array} \right) \circ \left(\begin{array}{cccc|cccc} 1 & i & -1 & -i & 1 & -i & -1 & i \\ -i & 1 & i & -1 & i & 1 & -i & -1 \\ 1 & -i & -1 & i & 1 & i & -1 & -i \\ i & 1 & -i & -1 & -i & 1 & i & -1 \end{array} \right) \right) \\
 &= I_{4,8} \circ P_{4,8}(0,0)
 \end{aligned}$$

... 式3-2

[0090] 式3-2においては、行列 $I_{4,8}$ 及び行列 $P_{4,8}(0,0)$ の各々は、次に示す式3-3及び式3-4により定義される。

$$I_{4,8} = \left(\left(\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \end{array} \right) \right) \dots \text{式3-3}$$

$$P_{4,8}(0,0) = \left(\left(\begin{array}{cccc|cccc} 1 & i & -1 & -i & 1 & -i & -1 & i \\ -i & 1 & i & -1 & i & 1 & -i & -1 \\ 1 & -i & -1 & i & 1 & i & -1 & -i \\ i & 1 & -i & -1 & -i & 1 & i & -1 \end{array} \right) \right) \dots \text{式3-4}$$

[0091] そして、行列 $I_{4,8}$ を、各位相反転部の 0° 、 180° の2値の位相を制御する位相値列を生成する行列として用いる。また、行列 $P_{4,8}$ を、各位相設定部の4値の位相を制御する位相値列を生成する行列として用いる。

[0092] このように、位相設定部と各位相反転部とを組み合わせることにより、演算部220aは、一度の校正動作において、4値位相（ ± 1 、 $\pm i$ ）の利用が可能となる。そのため、演算部220aは、特許文献2や非特許文献2が開示する方法では必要な位相誤差の反復測定を行わないことを可能にする。

[0093] さらに、図2に表す校正システム400aは、アンテナ素子の数が4つで、各アンテナ素子の位相設定部が設定し得る位相値が4値の場合においても、コード長が8と第一実施形態の校正システムと比べて短くなる。そのため、校正システム400aは、デジタル演算を実行する際の負荷を低減し得るという、更なる効果を奏する。

[0094] なお、アンテナ装置 100 a は、各位相設定部が設定し得る位相値が 4 値のみの場合には、位相制御部 230 a が各制御情報を生成する際に次に示す式 3-5 に表すようにアダマール積分解した行列表示を用いた場合も、上記と同様の効果を奏する。

$$\begin{aligned}
 C_4(0,0) &= \left(C_4'(0) \left(C_4'(0) \right)^* \right) \\
 &= \left(\begin{array}{cccc|cccc}
 1 & i & -1 & -i & 1 & -i & -1 & i \\
 -i & 1 & i & -1 & i & 1 & -i & -1 \\
 1 & -i & (-1) \times (-1) & -i & 1 & i & (-1) \times (-1) & i \\
 i & 1 & i & (-1) \times (-1) & -i & 1 & -i & (-1) \times (-1)
 \end{array} \right) \\
 &= \left(\left(\begin{array}{cccc}
 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & -1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & -1
 \end{array} \right) \left(\begin{array}{cccc}
 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & -1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & -1
 \end{array} \right) \right) \circ \left(\left(\begin{array}{cccc}
 1 & i & -1 & -i \\
 -i & 1 & i & -1 \\
 1 & -i & -1 & -i \\
 i & 1 & i & -1
 \end{array} \right) \left(\begin{array}{cccc}
 1 & -i & -1 & i \\
 i & 1 & -i & -1 \\
 1 & i & -1 & i \\
 -i & 1 & -i & -1
 \end{array} \right) \right)
 \end{aligned}$$

... 式3-5

[0095] 次に、各アンテナ素子の位相設定部が設定し得る位相値が 4 値の場合のシミュレーション例を説明する。

[0096] 当該シミュレーション例においては、図 2 に表すアンテナ素子 110 a a 乃至 110 b b の各々から合波部 150 a に到達した、校正用信号の受信信号の振幅誤差は、この順に、1、0.5、0.25 及び 0.1 であることを仮定する。また、受信アンテナ 120 a a 乃至 120 b b の各々から合波部 150 a に到達した、校正用信号の受信信号の位相誤差は、この順に、0、2、3 及び 3 ピコ秒 (psec) であることを仮定する。また、図 2 に表す校正信号送信機 300 は、80 ギガヘルツ (GHz) の正弦波の無線電波を、アンテナ装置 100 a 宛てに送信するものとする。

[0097] 図 3 は、アンテナ素子 110 a a 乃至 110 b b の各々から合波部 150 a に送付された合波直前を想定した各信号の例を表す図である。図 3 に表す信号 S1 a a は、アンテナ素子 110 a a から送付された信号を表す。また、信号 S1 a b は、アンテナ素子 110 a b から送付された信号を表す。また、信号 S1 b a は、アンテナ素子 110 b a から送付された信号を表す。また、信号 S1 b b は、アンテナ素子 110 b b から送付された信号を表す。

- 。
- [0098] 図3は、各信号において、図3に表すような振幅位相誤差が生じていることを仮定していることを表す。
- [0099] 図4は、図3に表す各信号を合波部150が合波した合波信号を表す図である。当該合波信号は、行列C4(0, 0)の各列ベクトル a_i で定める4値位相値列により、図2に表す位相設定部140a乃至140bの各々を制御し、変調周波数5500MHzにて4値位相変調を施した場合のものである。
- [0100] 図5は、演算部220aが、4値に位相変調された図4に表す合波信号を各アンテナ素子に対応する列ベクトル a_i で定める4値の位相値列により復調した信号を表す図である。図5に表す信号は、振幅位相偏差の校正情報を4つの各アンテナ素子に対して得るための信号である。
- [0101] 図5に表す信号S2a aは、アンテナ素子110a aに対応する列ベクトル a_i で定める4値の位相値列により復調した信号を表す。また、信号S2a bは、アンテナ素子110a bに対応する列ベクトル a_i で定める4値の位相値列により復調した信号を表す。また、信号S2b aは、アンテナ素子110b aに対応する列ベクトル a_i で定める4値の位相値列により復調した信号を表す。また、信号S2b bは、アンテナ素子110b bに対応する列ベクトル a_i で定める4値の位相値列により復調した信号を表す。
- [0102] 図3に表す信号と図5に表す信号とを比較すると、各アンテナ素子の出力に対応する信号の相対的な振幅位相は、図3に表す信号と図5に表す信号とで同じになっている。従い、図5に表す信号は、上記の振幅位相誤差を再現している。
- [0103] 図6は、アンテナ素子110b bに対応する位相値列により4値位相変調された多値位相変調信号に対して各アンテナ素子に対応する位相値列により復調した信号を表す図である。図6における信号S a aは、前記多値位相変調信号を、アンテナ素子110a aに対応する位相値列により復調した信号である。また、信号S a bは、前記多値位相変調信号を、アンテナ素子11

0 a bに対応する位相値列により復調した信号である。また、信号S b aは、前記多値位相変調信号を、アンテナ素子1 1 0 b aに対応する位相値列により復調した信号である。また、信号S b bは、前記多値位相変調信号を、アンテナ素子1 1 0 b bに対応する位相値列により復調した信号である。信号S a a、S a b及びS b aは、信号S b bと比較して著しく微弱である。図6には、一例としてアンテナ素子1 1 0 b bのシミュレーション結果例のみ示したが、復調した信号が、そのアンテナ素子に対応しない位相値列に対しては非常に微弱である点は、他のアンテナ素子に対応する位相値列により変調した信号についても同様である。

[0104] 以上から、4 値の位相値列による位相変調を行った信号を合波した信号を各アンテナ素子に対応する位相値列により復調することにより、一度の処理により校正情報を得るための信号である図5に表す各信号が得られることが理解できる。図5に表す信号が得られれば、当該信号から、前述の相関値や校正情報を導出することが可能である。

[0105] 次に、図2に表す位相設定部1 4 0 a a乃至1 4 0 b bの各々が設定し得る位相値が8 値である場合について説明する。

[0106] $\theta 1 = 0$ 、 $\theta 2 = \pi / 4$ （すなわち、 0° 、 90° 、 180° 、 270° 、 45° 、 135° 、 225° 、 315° の8 値の位相値）を用いたとする。その場合、第一実施形態において説明した式2-4で表される行列 C_4 は、次に表す式3-6により表される。

$$C_4\left(0, \frac{\pi}{4}\right) = \left(c_4'(0) \left(c_4'\left(\frac{\pi}{4}\right) \right)^* \right) = \left(\begin{bmatrix} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & 1 & -i \\ i & 1 & i & 1 \end{bmatrix} \middle| \exp(-i\frac{\pi}{4}) \begin{bmatrix} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & 1 & i \\ -i & 1 & -i & 1 \end{bmatrix} \right) \dots \text{式3-6}$$

[0107] 式3-6の最右辺の3 行目の行ベクトルにおいては（1、-i、 $\exp(-i\pi/4)$ 、 $i \cdot \exp(-i\pi/4)$ ）の4 値の位相値になる。また、4 行目の行ベクトルにおいては（1、i、 $-\exp(-i\pi/4)$ 、 $-i \cdot$

$\exp(-i\pi/4)$ の4値の位相値になる。

[0108] そのため、4つのアンテナ素子の全てに対しては、各位相設定部が設定し得る8値の位相値 (± 1 、 $\pm i$ 、 $\pm \exp(-i\pi/4)$ 、 $\pm i \cdot \exp(-i\pi/4)$) を一度の振幅位相偏差の測定に利用することができない。

[0109] そこで、式3-6を、次に示す式3-7のようにアダマール積表示に分解する。

$$\begin{aligned}
 C_4\left(0, \frac{\pi}{4}\right) &= \left[\begin{array}{cccc} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & (-1)\times(-1) & (-1)\times(+i) \\ i & 1 & (-1)\times(-i) & (-1)\times(-1) \end{array} \right] \left| \exp(-i\frac{\pi}{4}) \left[\begin{array}{cccc} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & (-1)\times(-1) & (-1)\times(-i) \\ -i & 1 & (-1)\times(+i) & (-1)\times(-1) \end{array} \right] \right. \\
 &= \left[\begin{array}{cccc} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \end{array} \right] \left| \left[\begin{array}{cccc} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \end{array} \right] \circ \left[\begin{array}{cccc} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \end{array} \right] \left| \exp(-i\frac{\pi}{4}) \left[\begin{array}{cccc} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \end{array} \right] \right. \\
 &= I_{4,8} \circ P_{4,8}\left(0, \frac{\pi}{4}\right)
 \end{aligned}$$

... 式3-7

[0110] 式3-7では、行列 $P_{4,8}(0, \pi/4)$ は、次に示す式3-8により定義されている。

$$P_{4,8}\left(0, \frac{\pi}{4}\right) = \left[\begin{array}{cccc} 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \\ 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \end{array} \right] \left| \exp(-i\frac{\pi}{4}) \left[\begin{array}{cccc} 1 & -i & -1 & i \\ i & 1 & -i & -1 \\ 1 & i & -1 & -i \\ -i & 1 & i & -1 \end{array} \right] \right. \dots \text{式3-8}$$

[0111] また、行列 $I_{4,8}$ については、前述の式3-3により定義される。

[0112] そして、行列 $I_{4,8}$ を、各位相反転部の 0° 、 180° の2値の位相値を制御する位相値列を生成する行列として用いる。また、行列 $P_{4,8}(0, \pi/4)$ を各位相設定部の8値の位相値を制御する位相値列を生成する行列として用いる。

[0113] このように、位相設定部と位相反転部とを組み合わせることにより、演算部220aは、一度の位相誤差の測定動作において、8値位相 (± 1 、 $\pm i$ 、 $\pm \exp(-i\pi/4)$ 、 $\pm i \cdot \exp(-i\pi/4)$) の利用が可能となる。そのため、演算部220aは、特許文献2及び非特許文献2に開示さ

れた方法では必要であった位相誤差の反復測定を行わないことを可能にする。

[0114] さらに、図2に表す校正システム400aは、アンテナ素子の数が4つで、各アンテナ素子の位相設定部が設定し得る位相値が4値の場合においても、コード長が8と第一実施形態の校正システムと比べて短くなる。そのため、第三実施形態の校正システム400aは、第一実施形態の校正システム400と比較して、デジタル演算を実行する際の負荷を低減し得る。

[効果]

第三実施形態の校正システムは、アンテナ装置が四つ以上のアンテナ素子を備える場合において、第二実施形態の校正システムと同様の効果を奏する。

[0115] なお、以上の説明においては、一例として周波数変換を施さないRF周波数帯において各位相設定部や各位相反転部を構成することを前提とした。しかしながら、各位相設定部や各位相反転部は、中間周波数帯やIF周波数帯において構成しても構わない。

[0116] また、以上の説明においては、受信アンテナ装置が複数のアンテナ素子を備える場合の例を説明した。しかしながら、第四実施形態において説明するように、同様の構成を、送信アンテナ装置にも適用し得る。

<第四実施形態>

第四実施形態は、アンテナ装置が備える複数の送信用のアンテナ素子の振幅位相の校正を行うための校正システムに関する実施形態である。

[構成]

図7は、第四実施形態の校正システムの第一の例である校正システム401の構成を表す概念図である。図7に破線で表す経路は制御用信号の経路である。

[0117] 校正システム401は、図7に表す各アンテナ素子の位相設定部の各々に少なくとも4値の位相値の位相変調を行わせることで、各アレイアンテナ素子間の相対振幅位相偏差を検出するシステムである。

- [0118] 校正システム401は、アンテナ装置101と、受信装置301とを備える。
- [0119] アンテナ装置101は、アンテナ素子111a及び111bと、分波部151と、校正信号源321とを備える。
- [0120] 校正信号源321は、校正用の信号を生成する。校正信号源321は、生成した校正用の信号を、分波部151に送付する。
- [0121] 分波部151は、校正信号源321から入力された校正用の信号を分波し、分波後の信号を、位相設定部143a及び143bに入力する。
- [0122] 位相制御部231は制御情報を生成する。当該制御情報には、位相設定部143aが、位相設定部143aへの入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第一b制御情報が含まれる。また、当該制御情報には、位相設定部143bが、位相設定部143bへの入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第二b制御情報が含まれる。
- [0123] 制御情報は、例えば、後述のように、位相設定部143a及び143bの各々に設定させる位相値を要素とする行列で表される情報である。そして、当該要素の所定の列が、前記第一b制御情報に対応する。また、当該要素の他の列が、前記第二b制御情報に対応する。
- [0124] 位相制御部231は、生成した前記制御情報から前記第一b制御情報及び前記第二b制御情報を作成（抽出）する。そして、位相制御部231は、第一b制御情報を位相設定部143aに送付する。また、位相制御部231は、第二b制御情報を位相設定部143bに送付する。
- [0125] 位相制御部231は、さらに、前記制御情報を制御用の信号としてではなく処理用の信号として、演算部221aに送付する。
- [0126] アンテナ素子111aは、送信アンテナ121aと、増幅部131aと、位相設定部143aとを備える。
- [0127] 位相設定部143aは、位相制御部231から送付された制御情報に従い、分波部151から送付された信号の位相値を、前記制御情報に含まれる位相値に設定する。位相設定部143aは、設定した位相値の信号を増幅部1

3 1 a に送付する。位相設定部 1 4 3 a としては、市販の移相器や位相器を用いることができる。

[0128] 増幅部 1 3 1 a は、位相設定部 1 4 3 a から送付された信号を増幅した信号を生成する。増幅部 1 3 1 a は、増幅した信号を送信アンテナ 1 2 1 a に送付する。増幅部 1 3 1 a は、典型的には、低雑音増幅部である。

[0129] 送信アンテナ 1 2 1 a は、増幅部 1 3 1 a から送付された信号を無線電波に変換する。送信アンテナ 1 2 1 a は、変換後の無線電波を、受信装置 3 0 1 に向けて送付する。

[0130] アンテナ素子 1 1 1 b は、送信アンテナ 1 2 1 b と、増幅部 1 3 1 b と、位相設定部 1 4 3 b とを備える。

[0131] アンテナ素子 1 1 1 b の説明は、前述のアンテナ素子 1 1 1 a の説明において、送信アンテナ 1 2 1 a、増幅部 1 3 1 a 及び位相設定部 1 4 3 a を、この順に、送信アンテナ 1 2 1 b、増幅部 1 3 1 b 及び位相設定部 1 4 3 b と読み替えたものである。

[0132] 受信装置 3 0 1 は、受信アンテナ 3 1 1 と、分岐部 1 6 1 と、演算部 2 2 1 a とを備える。

[0133] 受信アンテナ 3 1 1 は、アンテナ装置 1 0 1 から送られた電波を電気信号に変換する。受信アンテナ 3 1 1 は、変換した電気信号を、分岐部 1 6 1 に送付する。

[0134] 分岐部 1 6 1 は、受信アンテナ 3 1 1 から送付された信号を二つの出力信号に分ける。分岐部 1 6 1 は、二つの出力信号のうち的一方を、演算部 2 2 1 a に送付する。分岐部 1 6 1 は、また、二つの出力信号のうち他方を、受信装置 3 0 1 の外部に出力する。

[0135] 演算部 2 2 1 a は、位相制御部 2 3 1 から送付された前記第一制御情報及び前記第二制御情報の各々と、分岐部 1 6 1 から送付された信号との相関を表す値である相関値を導出する。演算部 2 2 1 a は、導出した相関値から、アンテナ素子 1 1 1 a 及び 1 1 1 b の各々を校正するための校正情報を導出する。

- [0136] 以上の説明では、アンテナ装置が二つの送信用のアンテナ素子を備える場合について説明した。しかしながら、アンテナ装置は、3つ以上の送信用のアンテナ素子を備えても構わない。
- [0137] なお、図7に表す校正システム401の位相制御部231、位相設定部143a及び143b及び演算部221aが行う動作例は、上記動作を除いて、第一及び第二実施形態の校正システムが行う動作例と同じである。ただし、上記動作と第一及び第二実施形態の校正システムが行う動作例とが矛盾する場合は、上記動作を優先する。
- [0138] 図8は、第四実施形態の校正システムの第二の例である、校正システム401aの構成を表す概念図である。なお、図8に破線で表す経路は制御用信号の経路である。
- [0139] 校正システム401aは、アンテナ装置101aと、受信装置301aとを備える。
- [0140] アンテナ装置101aは、各アンテナ素子の位相設定部の各々に少なくとも4値の位相値の位相変調を行わせることで、各アンテナ素子間の相対振幅位相偏差を検出する装置である。
- [0141] アンテナ装置101aは、アンテナ素子111aa乃至111bbと、分波部151aと、校正信号源321と、位相制御部231aとを備える。
- [0142] 校正信号源321は、校正用の信号を生成する。校正信号源321は、生成した校正用の信号を、分波部151aに送付する。
- [0143] 分波部151aは、校正信号源321から入力された校正用の信号を分波し、分波後の信号を、位相設定部143aa乃至143bbの各々に入力する。
- [0144] 位相制御部231aはB制御情報を生成する。
- [0145] 当該B制御情報には、位相設定部143aaが入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第一B制御情報が含まれる。当該B制御情報には、また、位相設定部143abが入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第二B制御情報が含まれる。当該B制御情報には、

また、位相設定部 1 4 3 b a が入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第三 B 制御情報が含まれる。当該 B 制御情報には、また、位相設定部 1 4 3 b b が入力信号に対して設定する位相値を制御する制御情報である第四 B 制御情報が含まれる。

[0146] 当該 B 制御情報には、位相反転部 1 4 4 a a が入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第五 B 制御情報が含まれる。当該 B 制御情報には、位相反転部 1 4 4 a b が入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第六 B 制御情報が含まれる。当該 B 制御情報には、位相反転部 1 4 4 b a が入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第七 B 制御情報が含まれる。当該 B 制御情報には、位相反転部 1 4 4 b b が入力信号の位相を反転させるか否かを表す制御情報である第八 B 制御情報が含まれる。

[0147] B 制御情報は、例えば、後述のように、位相設定部 1 4 3 a a 乃至 1 4 3 b b 及び位相反転部 1 4 4 a a 乃至 1 4 4 b b の各々に設定させる位相値を要素とする行列で表される情報である。そして、例えば、当該要素の所定の列が、前記第一 B 乃至第八 B 制御情報の各々に対応する。

[0148] 位相制御部 2 3 1 a は、生成した前記 B 制御情報から前記第一 B 制御情報乃至前記第四 B 制御情報の各々を作成（抽出）する。

[0149] そして、位相制御部 2 3 1 a は、第一 B 制御情報を位相設定部 1 4 3 a a に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第二 B 制御情報を位相設定部 1 4 3 a b に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第三 B 制御情報を位相設定部 1 4 3 b a に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第四 B 制御情報を位相設定部 1 4 3 b b に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第五 B 制御情報を位相反転部 1 4 4 a a に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第六 B 制御情報を位相反転部 1 4 4 a b に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第七 B 制御情報を位相反転部 1 4 4 b a に送付する。位相制御部 2 3 1 a は、また、第八 B 制御情報を位相反転部 1 4 4 b b に送付する。

[0150] 位相制御部 2 3 1 a は、さらに、前述の B 制御情報を、制御用の信号とし

てではなく、処理用の信号として、演算部 2 2 1 b に送付する。

- [0151] アンテナ素子 1 1 1 a a は、送信アンテナ 1 2 1 a a と、増幅部 1 3 1 a a と、位相設定部 1 4 3 a a と、位相反転部 1 4 4 a a と備える。
- [0152] 位相設定部 1 4 3 a a は、位相制御部 2 3 1 a から送付された制御情報に従い、分波部 1 5 1 a から送付された信号の位相値を、前記制御情報に含まれる位相値に設定する。
- [0153] 位相反転部 1 4 4 a a は、位相制御部 2 3 1 a から送付された前述の第五 B 制御情報に従い、位相設定部 1 4 3 a a から入力された信号の位相を反転する。
- [0154] 増幅部 1 3 1 a a は、位相反転部 1 4 4 a a から送付された信号を増幅した信号を生成する。増幅部 1 3 1 a a は、増幅した信号を送信アンテナ 1 2 1 a a に送付する。増幅部 1 3 1 a a は、典型的には、低雑音増幅部である。
- [0155] 送信アンテナ 1 2 1 a a は、増幅部 1 3 1 a a から送付された信号を無線電波に変換する。送信アンテナ 1 2 1 a a は、変換後の無線電波を、受信装置 3 0 1 a に向けて送付する。
- [0156] アンテナ素子 1 1 1 a b は、送信アンテナ 1 2 1 a b と、増幅部 1 3 1 a b と、位相設定部 1 4 3 a b と、位相反転部 1 4 4 a b を備える。
- [0157] アンテナ素子 1 1 1 a b の説明は、前述のアンテナ素子 1 1 1 a a の説明において、次の読替えを行ったものである。すなわち、送信アンテナ 1 2 1 a a を送信アンテナ 1 2 1 a b と読み替える。また、増幅部 1 3 1 a a を増幅部 1 3 1 a b と読み替える。また、位相設定部 1 4 3 a a を位相設定部 1 4 3 a b と読み替える。また、位相反転部 1 4 4 a a を位相反転部 1 4 4 a a と読み替える。
- [0158] アンテナ素子 1 1 1 b a は、送信アンテナ 1 2 1 b a と、増幅部 1 3 1 b a と、位相設定部 1 4 3 b a と、位相反転部 1 4 4 b a を備える。
- [0159] アンテナ素子 1 1 1 b a の説明は、前述のアンテナ素子 1 1 1 a a の説明において、次の読替えを行ったものである。すなわち、送信アンテナ 1 2 1

a aを送信アンテナ121baと読み替える。また、増幅部131aaを増幅部131baと読み替える。また、位相設定部143aaを位相設定部143baと読み替える。また、位相反転部144aaを位相反転部144baと読み替える。

[0160] アンテナ素子111bbは、送信アンテナ121bbと、増幅部131bbと、位相設定部143bbと、位相反転部144bbを備える。

[0161] アンテナ素子111bbの説明は、前述のアンテナ素子111aaの説明において、次の読替えを行ったものである。すなわち、送信アンテナ121aaを送信アンテナ121bbと読み替える。また、増幅部131aaを増幅部131bbと読み替える。また、位相設定部143aaを位相設定部143bbと読み替える。また、位相反転部144aaを位相反転部144bbと読み替える。

[0162] 受信装置301aは、受信アンテナ311と、分岐部161と、演算部221bとを備える。

[0163] 受信アンテナ311は、アンテナ装置101aから送られた電波を電気信号に変換する。受信アンテナ311は、変換した電気信号を、分岐部161に送付する。

[0164] 分岐部161は、受信アンテナ311から送付された信号を二つの出力信号に分ける。分岐部161は、二つの出力信号のうち的一方を、演算部221bに送付する。分岐部161は、また、二つの出力信号のうち他方を、受信装置301aの外部に出力する。

[0165] 演算部221bは、位相制御部231aから送付された各々の信号と、分岐部161から送付された信号との相関を表す値である相関値を導出する。当該各々の信号は、一つには、前記第一B制御情報と前記第五B制御情報とを組み合わせた制御情報である。当該各々の信号は、二つには、前記第二B制御情報と前記第六B制御情報とを組み合わせた制御情報である。当該各々の信号は、三つには、前記第三B制御情報と前記第七B制御情報とを組み合わせた制御情報である。当該各々の信号は、四つには、前記第四B制御情報

と前記第八B制御情報とを組み合わせた制御情報である。

[0166] 演算部221bは、導出した相関値から、アンテナ素子111aa乃至111bbの各々を校正するための校正情報を導出する。

[0167] 以上の説明では、アンテナ装置が二つの送信用のアンテナ素子を備える場合について説明した。しかしながら、アンテナ装置は、3つ以上の送信用のアンテナ素子を備えても構わない。

[0168] なお、図8に表す校正システム401aの位相制御部231a、位相設定部143aa乃至143bb及び演算部221bが行う動作例は、上記動作を除いて、第三実施形態の校正システムが行う動作例と同じである。ただし、上記動作と第三実施形態の校正システムが行う動作例とが矛盾する場合は、上記動作を優先する。

[効果]

第四実施形態の校正システムは、複数の送信用のアンテナ素子を備えるアンテナ装置において、各アンテナ素子間の位相調整を行うための情報である相関値を出力し得る。そのため、複数の送信用のアンテナ素子を備えるアンテナ装置において、前記校正システムは、各アンテナ素子間の位相調整を可能にする。

[0169] 図9は、以上説明した実施形態の処理装置の最小限の構成である処理装置100xの構成を表すブロック図である。

[0170] 処理装置100xは、設定部群140xと、演算部220xとを備える。

[0171] 設定部群140xは、校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号又は前記アンテナ素子の各々からの送信信号の、位相値について、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行う。設定部群140xは、また、前記設定を行った信号である設定信号を導出する。

[0172] 演算部220xは、前記設定信号の和と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する。

[0173] 処理装置100xは、相関値の導出のための前記設定を、一つの制御情報

により行う。そのため、処理装置100xは、複数の受信信号又は複数の受信信号についての前記設定をほぼ同時に完了させることができる。

[0174] そして、処理装置100xは、前記設定信号の和と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する。従い、処理装置100xは、前記相関値を、一度に導出することができる。

[0175] すなわち、処理装置100xは、前記設定と前記相関値の導出とを、短時間で行うことができる。

[0176] そのため、処理装置100xは、前記構成により、[発明の効果]の項に記載した効果を奏する。

[0177] 以上、本発明の各実施形態を説明したが、本発明は、前記した実施形態に限定されるものではなく、本発明の基本的技術的思想を逸脱しない範囲で更なる変形、置換、調整を加えることができる。例えば、各図面に示した要素の構成は、本発明の理解を助けるための一例であり、これらの図面に示した構成に限定されるものではない。

[0178] また、前記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記述され得るが、以下には限られない。

(付記1)

校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号又は前記アンテナ素子の各々からの送信信号の、位相値について、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行い、前記設定を行った信号である設定信号を導出する設定部群と、

前記設定信号の和と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する演算部と、

を備える処理装置。

(付記2)

前記制御情報が、前記設定部群の各設定部に対して送付される位相値列からなる位相値列群を含む、付記1に記載された処理装置。

(付記3)

前記位相値列の各々が、前記 3 値以上の位相値により表現される、付記 2 に記載された処理装置。

(付記 4)

前記位相値列の各々が、直交符号を生成する行列であるアダマール行列と前記アダマール行列を位相回転した第二行列とを行方向に拡張した第三行列により生成される、付記 2 又は付記 3 に記載された処理装置。

(付記 5)

前記設定を、前記制御情報による第一の位相値に係る前記設定である第一設定と、前記第一設定を行った信号について前記制御情報により行う第二の位相値に係る前記設定である第二設定とにより行う、付記 1 に記載された処理装置。

(付記 6)

前記第一設定が、所定の三つ以上の位相値から行う前記設定であり、前記第二設定が所定の二つ以上の位相値から行う前記設定である、付記 5 に記載された処理装置。

(付記 7)

前記二つ以上の位相値が二つの位相値であり、前記二つの位相値のうちの一方と他方との位相差が 180 度である、付記 6 に記載された処理装置。

(付記 8)

前記制御情報が、前記設定部群の各設定部に対して送付される位相値列からなる位相値列群を含む、付記 5 乃至付記 7 のうちのいずれか一に記載された処理装置。

(付記 9)

前記位相値列の各々が、前記 3 値以上の位相値により表現される、付記 8 に記載された処理装置。

(付記 10)

前記位相値列の各々が、多値位相を要素とする正方行列と、前記正方行列の共役をとった行列を行方向に拡張した行列により生成される、付記 8 又は

付記 9 に記載された処理装置。

(付記 1 1)

前記複数の前記アンテナ素子は、同一のアンテナ装置が備えるものである、付記 1 乃至 1 0 のうちのいずれかに記載された処理装置。

(付記 1 2)

付記 1 乃至付記 1 1 のうちのいずれかに記載された処理装置と、前記相関値から前記複数の前記アンテナ素子の校正を行うための校正係数を導出する導出部と備える、校正装置。

(付記 1 3)

送信された校正用信号についての、第一のアンテナによる受信信号である第一信号の位相値の、予め定められた 3 値以上の位相値からの設定である第一設定を、第一制御情報により行う第一設定部と、

前記校正用信号についての、第二のアンテナによる受信信号である第二信号の位相値の、前記 3 値以上の位相値からの設定である第二設定を、第二制御情報により行う第二設定部と、

前記第一設定が行われた第一信号と前記第二設定が行われた第二信号とを合波した合波信号を生成する合波部と、

前記第一制御情報の前記第一設定部への送付と、前記第二制御情報の第二設定部への送付とを行う制御部と、

前記合波信号と、前記第一制御情報及び前記第二制御情報と、の相関を表す値である相関値を出力する処理部と、

を備える処理装置。

(付記 1 4)

前記第一のアンテナ及び前記第二のアンテナがともに同一のアンテナ装置に備えられる、付記 1 3 に記載された処理装置。

(付記 1 5)

前記第一制御情報が、前記第一設定部に対して、前記第一信号の位相値を前記 3 値以上の位相値に設定させ得る位相値の列である第一位相値列を含み

、前記第二設定部に対して、前記第二信号の位相値を前記3値以上の位相値に設定させ得る位相値の列である第二位相値列を含む、付記13又は付記14に記載された処理装置。

(付記16)

送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行い、

前記設定が行われた前記受信信号の各々を互いに合波した合波信号を生成し、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する、
処理方法。

(付記17)

送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定である第一の設定を、一つの制御情報により行い、

前記第一の設定が行われた各受信信号への、2値以上の位相値からの設定である第二の設定を、前記制御情報により行い、

前記第一の設定と前記第二の設定とを行った各受信情報を互いに合波した合波信号を生成し、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する、
処理方法。

(付記18)

送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行う処理と、

前記設定が行われた前記受信信号の各々を互いに合波した合波信号を生成する処理と、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する処

理と、

をコンピュータに実行させる、処理プログラム。

(付記 19)

送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の 3 値以上の位相値からの設定である第一の設定を、一つの制御情報により行う処理と、

前記第一の設定が行われた各受信信号への、2 値以上の位相値からの設定である第二の設定を、前記制御情報により行う処理と、

前記第一の設定と前記第二の設定とを行った各受信情報を互いに合波した合波信号を生成する処理と、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する処理と、

をコンピュータに実行させる処理プログラム。

(付記 20)

校正係数に基づき各アンテナ素子の振幅位相を校正するアレイアンテナの校正装置であって、

アレイアンテナを構成する各アンテナ素子で受信された校正用信号の受信信号の位相を設定された位相値列に基づいて少なくとも 3 値以上の位相値を選択できる第 1 の位相制御手段（位相器）と、

各アンテナ素子の受信信号の合波信号と前記第 1 の位相制御手段と、

求めた相互相関値に基づきアレイアンテナを構成する全てのアンテナ素子間の校正係数を算出する校正係数計算手段を備え、

前記位相値列は、各アンテナ素子間で、3 値以上の位相値により表現される

アレイアンテナの校正装置。

(付記 21)

校正係数に基づき各アンテナ素子の振幅位相を校正するアレイアンテナの校正装置であって、

アレイアンテナを構成する各アンテナ素子で受信された校正用信号の受信信号の位相を設定された位相値列に基づいて少なくとも3値以上の位相値を選択できる第1の位相制御手段（位相器）と、

前記第1の位相制御手段とは別に前記位相値列に基づいて少なくとも2値の位相値を選択できる第2の位相制御手段（ 180° 位相反転回路）と、

各アンテナ素子の受信信号の合波信号と前記第1の位相制御手段及び第2の位相制御手段で用いた前記位相値列との相互相関値を求める相関演算手段と、

前記相関演算手段により求めた相互相関値に基づきアレイアンテナを構成する全てのアンテナ素子間の校正係数を算出する校正係数計算手段を備え、

前記位相値列は、3値以上の位相値により表現される

アレイアンテナの校正装置。

（付記22）

前記位相値列が、直交符号を生成する行列であるアダマール行列と前記アダマール行列を位相回転した第二行列とを行方向に拡張した第三行列により生成される

付記21に記載されたアレイアンテナの校正装置。

（付記23）

前記位相値列が、多値位相を要素とする正方行列と、前記正方行列の共役をとった第四行列を行方向に拡張した第五行列により生成される

付記21又は付記22に記載されたアレイアンテナの校正装置。

[0179] 以上、上述した実施形態を模範的な例として本発明を説明した。しかしながら、本発明は、上述した実施形態には限定されない。即ち、本発明は、本発明のスコープ内において、当業者が理解し得る様々な態様を適用することができる。

[0180] この出願は、2017年4月19日に提出された日本出願特願2017-082710を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0181] 100、100a アンテナ装置
100x 処理装置
110a、110b、110aa、110ab、110ba、110bb
、111a、111b、111aa、111ab、111ba、111bb
アンテナ素子
120a、120b、120aa、120ab、120ba、120bb
、311 受信アンテナ
121a、121b、121aa、121ab、121ba、121bb
、310 送信アンテナ
130a、130b、130aa、130ab、130ba、130bb
、131a、131b、131aa、131ab、131ba、131bb
増幅部
140a、140b、140aa、140ab、140ba、140bb
、143a、143b、143aa、143ab、143ba、143bb
位相設定部
140x 設定部群
141aa、141ab、141ba、141bb、144aa、144
ab、144ba、144bb 位相反転部
150 合波部
151、151a 分波部
160、161 分岐部
220、220a、221a、221b 演算部
220x 演算部
230、230a、231、231a 位相制御部
300 校正信号送信機
301 受信装置
320、321 校正信号源

400、400a、401、401a 校正システム

Saa、Sab、Sba、Sbb、S1aa、S1ab、S1ba、S1
ba、S2aa、S2ab、S2ba、S2bb 信号

請求の範囲

- [請求項1] 校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号又は前記アンテナ素子の各々からの送信信号の、位相値について、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行い、前記設定を行った信号である設定信号を導出する設定部群と、
- 前記設定信号の和と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する演算部と、
- を備える処理装置。
- [請求項2] 前記制御情報が、前記設定部群の各設定部に対して送付される位相値列からなる位相値列群を含む、請求項1に記載された処理装置。
- [請求項3] 前記位相値列の各々が、前記3値以上の位相値により表現される、請求項2に記載された処理装置。
- [請求項4] 前記位相値列の各々が、直交符号を生成する行列であるアダマール行列と前記アダマール行列を位相回転した第二行列とを行方向に拡張した第三行列により生成される、請求項2又は請求項3に記載された処理装置。
- [請求項5] 前記設定を、前記制御情報による第一の位相値に係る前記設定である第一設定と、前記第一設定を行った信号について前記制御情報により行う第二の位相値に係る前記設定である第二設定とにより行う、請求項1に記載された処理装置。
- [請求項6] 前記第一設定が、所定の三つ以上の位相値から行う前記設定であり、前記第二設定が所定の二つ以上の位相値から行う前記設定である、請求項5に記載された処理装置。
- [請求項7] 前記二つ以上の位相値が二つの位相値であり、前記二つの位相値のうち的一方と他方との位相差が180度である、請求項6に記載された処理装置。
- [請求項8] 前記制御情報が、前記設定部群の各設定部に対して送付される位相

値列からなる位相値列群を含む、請求項5乃至請求項7のうちのいずれか一に記載された処理装置。

[請求項9] 前記位相値列の各々が、前記3値以上の位相値により表現される、請求項8に記載された処理装置。

[請求項10] 前記位相値列の各々が、多値位相を要素とする正方行列と、前記正方行列の共役をとった行列を行方向に拡張した行列により生成される、請求項8又は請求項9に記載された処理装置。

[請求項11] 前記複数の前記アンテナ素子は、同一のアンテナ装置が備えるものである、請求項1乃至10のうちのいずれか一に記載された処理装置。

[請求項12] 請求項1乃至請求項11のうちのいずれか一に記載された処理装置と、前記相関値から前記複数の前記アンテナ素子の校正を行うための校正係数を導出する導出部と備える、校正装置。

[請求項13] 送信された校正用信号についての、第一のアンテナによる受信信号である第一信号の位相値の、予め定められた3値以上の位相値からの設定である第一設定を、第一制御情報により行う第一設定部と、

前記校正用信号についての、第二のアンテナによる受信信号である第二信号の位相値の、前記3値以上の位相値からの設定である第二設定を、第二制御情報により行う第二設定部と、

前記第一設定が行われた第一信号と前記第二設定が行われた第二信号とを合波した合波信号を生成する合波部と、

前記第一制御情報の前記第一設定部への送付と、前記第二制御情報の第二設定部への送付とを行う制御部と、

前記合波信号と、前記第一制御情報及び前記第二制御情報と、の相関を表す値である相関値を出力する処理部と、

を備える処理装置。

[請求項14] 前記第一のアンテナ及び前記第二のアンテナがともに同一のアンテナ装置に備えられる、請求項13に記載された処理装置。

[請求項15] 前記第一制御情報が、前記第一設定部に対して、前記第一信号の位相値を前記3値以上の位相値に設定させ得る位相値の列である第一位相値列を含み、前記第二設定部に対して、前記第二信号の位相値を前記3値以上の位相値に設定させ得る位相値の列である第二位相値列を含む、請求項13又は請求項14に記載された処理装置。

[請求項16] 送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行い、

前記設定が行われた前記受信信号の各々を互いに合波した合波信号を生成し、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する、

処理方法。

[請求項17] 送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定である第一の設定を、一つの制御情報により行い、

前記第一の設定が行われた各受信信号への、2値以上の位相値からの設定である第二の設定を、前記制御情報により行い、

前記第一の設定と前記第二の設定とを行った各受信情報を互いに合波した合波信号を生成し、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する、

処理方法。

[請求項18] 送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定を、一つの制御情報から抽出した情報により行う処理と、

前記設定が行われた前記受信信号の各々を互いに合波した合波信号を生成する処理と、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する処理と、

をコンピュータに実行させる、処理プログラム。

[請求項19]

送信された校正用信号についての、複数のアンテナ素子の各々による受信信号の位相値の、所定の3値以上の位相値からの設定である第一の設定を、一つの制御情報により行う処理と、

前記第一の設定が行われた各受信信号への、2値以上の位相値からの設定である第二の設定を、前記制御情報により行う処理と、

前記第一の設定と前記第二の設定とを行った各受信情報を互いに合波した合波信号を生成する処理と、

前記合波信号と前記制御情報との相関を表す値である相関値を出力する処理と、

をコンピュータに実行させる処理プログラム。

[請求項20]

校正係数に基づき各アンテナ素子の振幅位相を校正するアレイアンテナの校正装置であって、

アレイアンテナを構成する各アンテナ素子で受信された校正用信号の受信信号の位相を設定された位相値列に基づいて少なくとも3値以上の位相値を選択できる第1の位相制御手段（位相器）と、

各アンテナ素子の受信信号の合波信号と前記第1の位相制御手段と、

求めた相互相関値に基づきアレイアンテナを構成する全てのアンテナ素子間の校正係数を算出する校正係数計算手段を備え、

前記位相値列は、各アンテナ素子間で、3値以上の位相値により表現される

アレイアンテナの校正装置。

[請求項21]

校正係数に基づき各アンテナ素子の振幅位相を校正するアレイアンテナの校正装置であって、

アレイアンテナを構成する各アンテナ素子で受信された校正用信号の受信信号の位相を設定された位相値列に基づいて少なくとも3値以

上の位相値を選択できる第1の位相制御手段（位相器）と、

前記第1の位相制御手段とは別に前記位相値列に基づいて少なくとも2値の位相値を選択できる第2の位相制御手段（ 180° 位相反転回路）と、

各アンテナ素子の受信信号の合波信号と前記第1の位相制御手段及び第2の位相制御手段で用いた前記位相値列との相互相関値を求める相関演算手段と、

前記相関演算手段により求めた相互相関値に基づきアレイアンテナを構成する全てのアンテナ素子間の校正係数を算出する校正係数計算手段を備え、

前記位相値列は、3値以上の位相値により表現されるアレイアンテナの校正装置。

[請求項22]

前記位相値列が、直交符号を生成する行列であるアダマール行列と前記アダマール行列を位相回転した第二行列とを行方向に拡張した第三行列により生成される

請求項21に記載されたアレイアンテナの校正装置。

[請求項23]

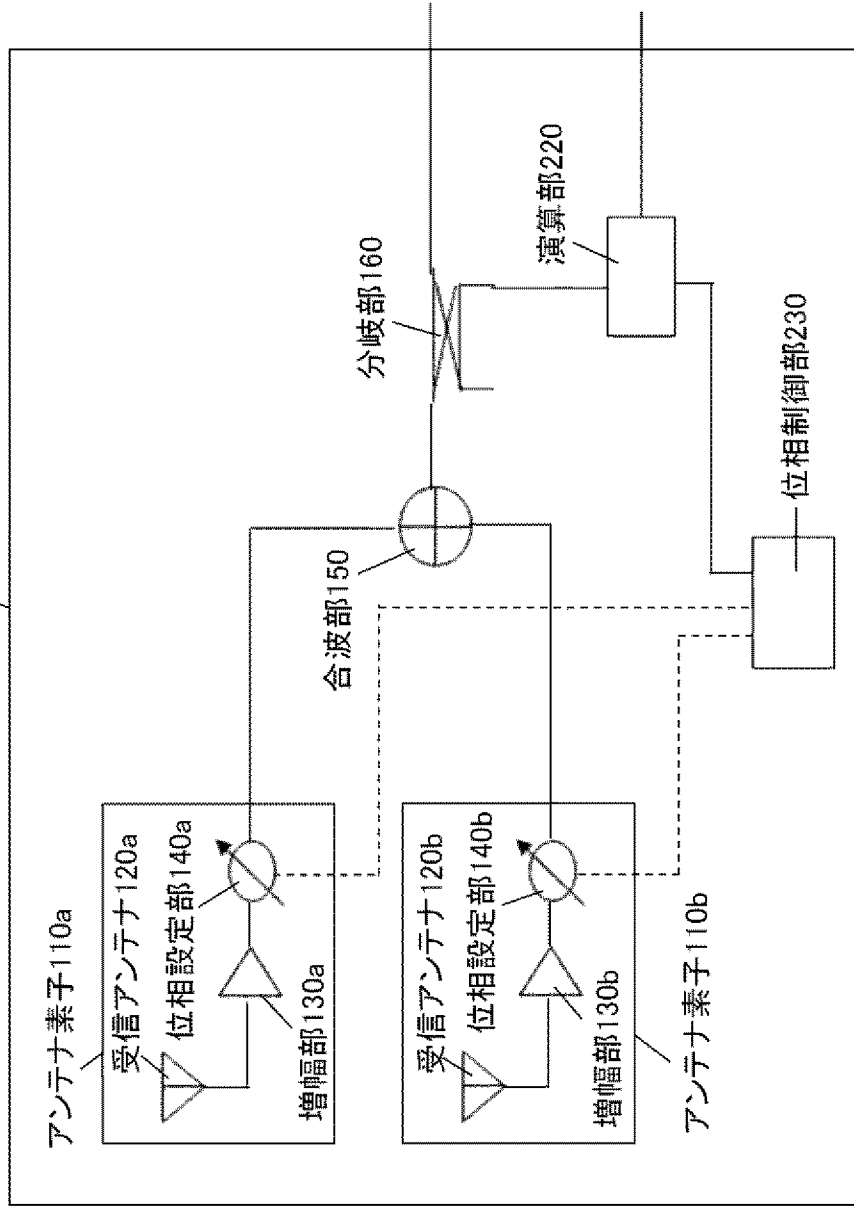
前記位相値列が、多値位相を要素とする正方行列と、前記正方行列の共役をとった第四行列を行方向に拡張した第五行列により生成される

請求項21又は請求項22に記載されたアレイアンテナの校正装置

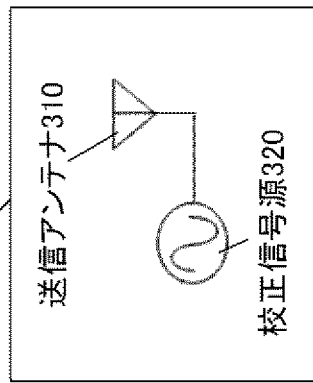
。

[図1]

校正システム400

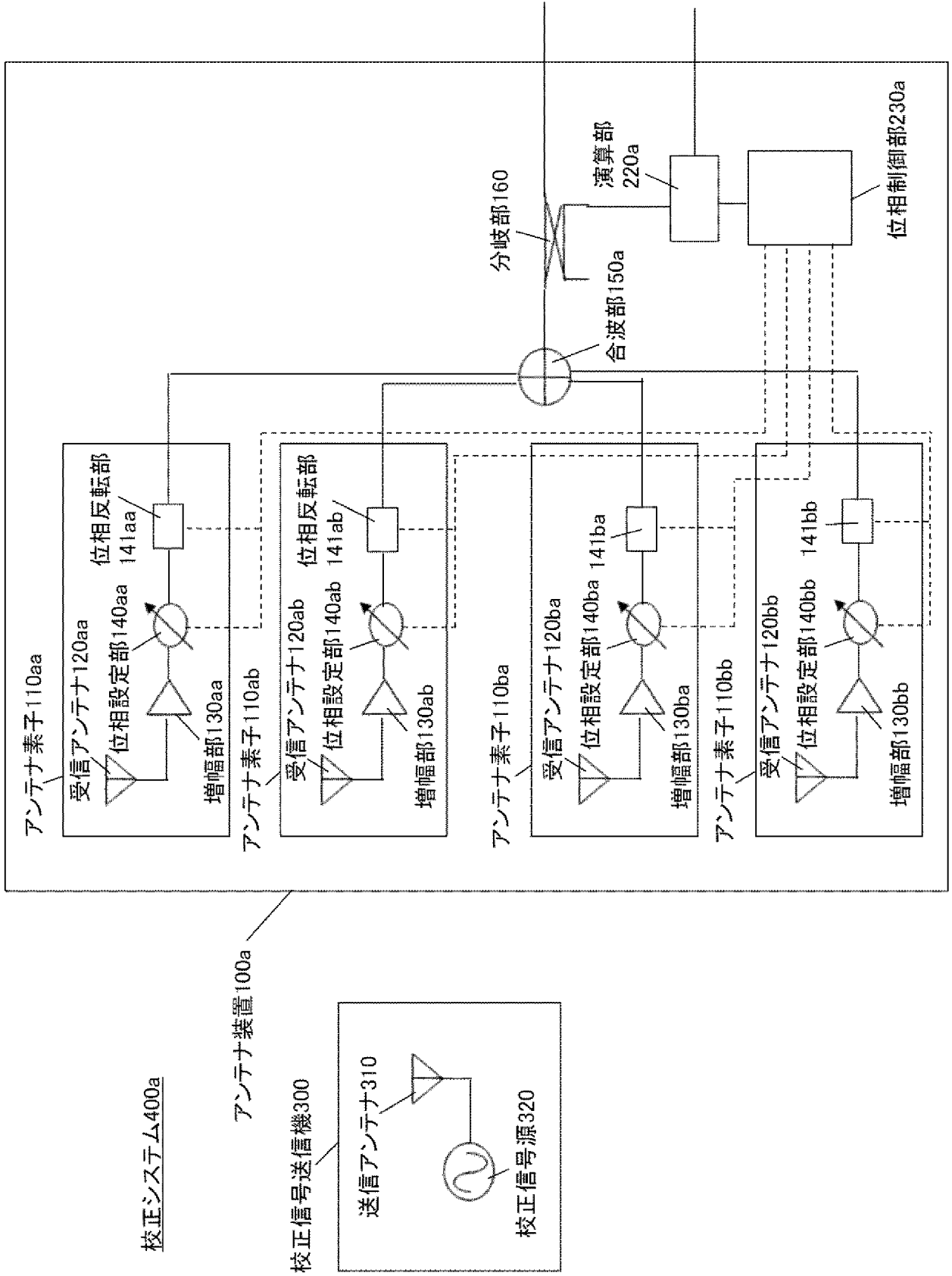


校正信号送信機300

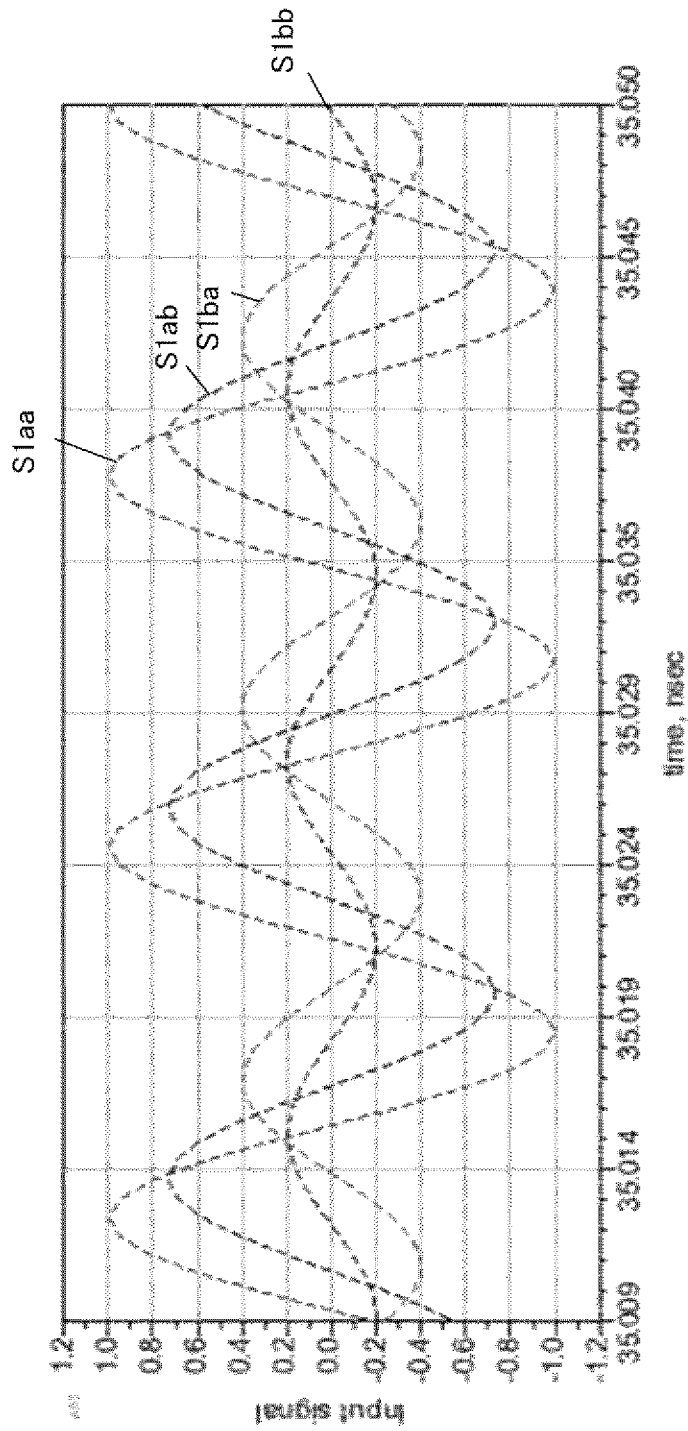


アンテナ装置100

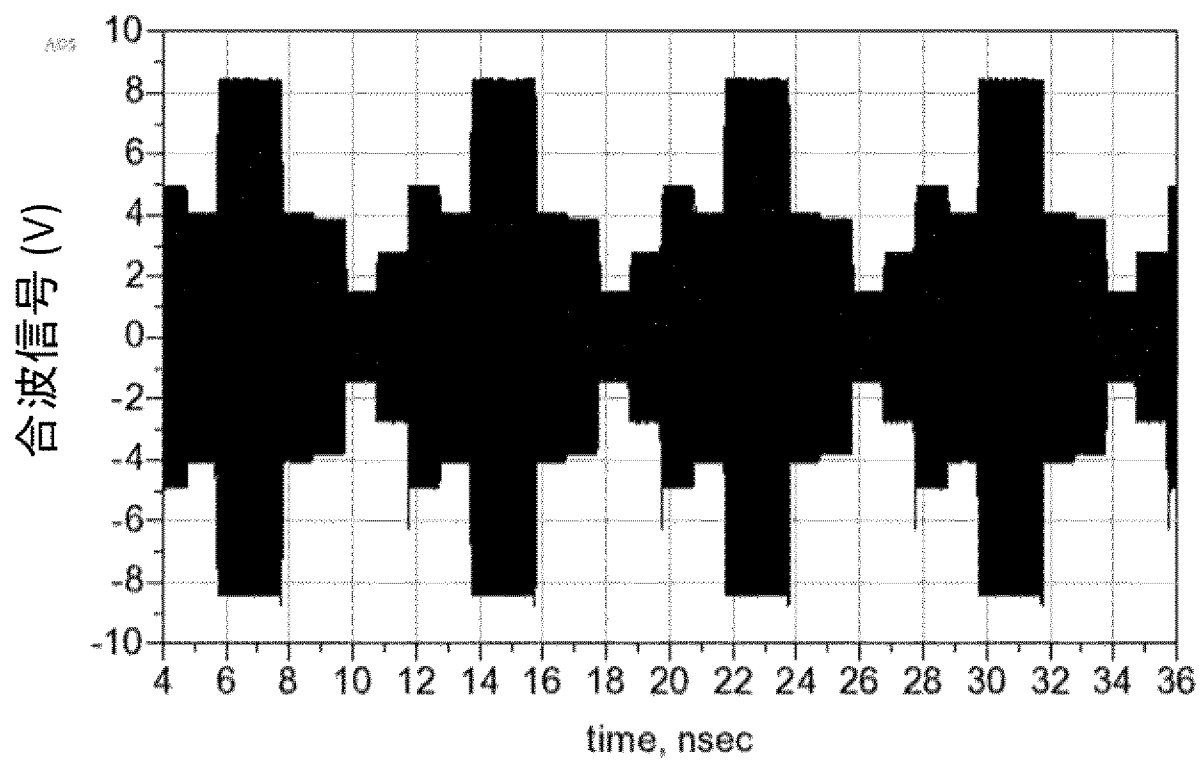
[図2]



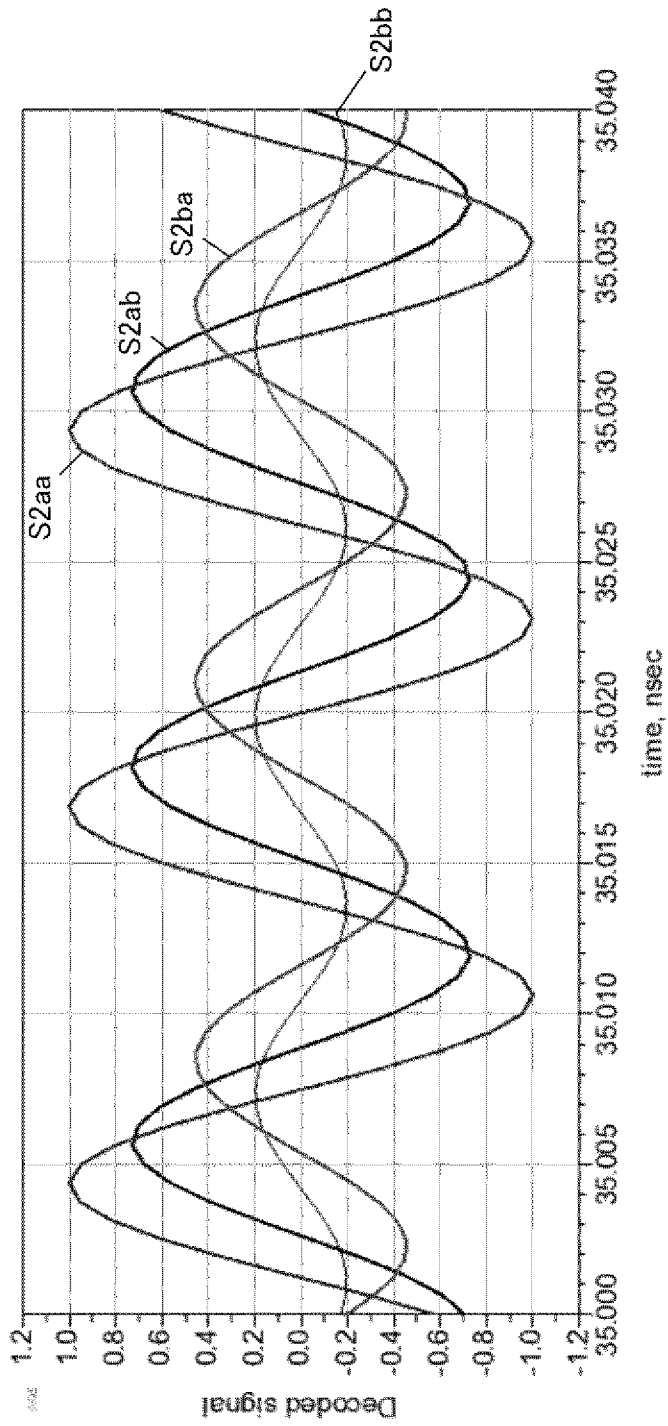
[3]



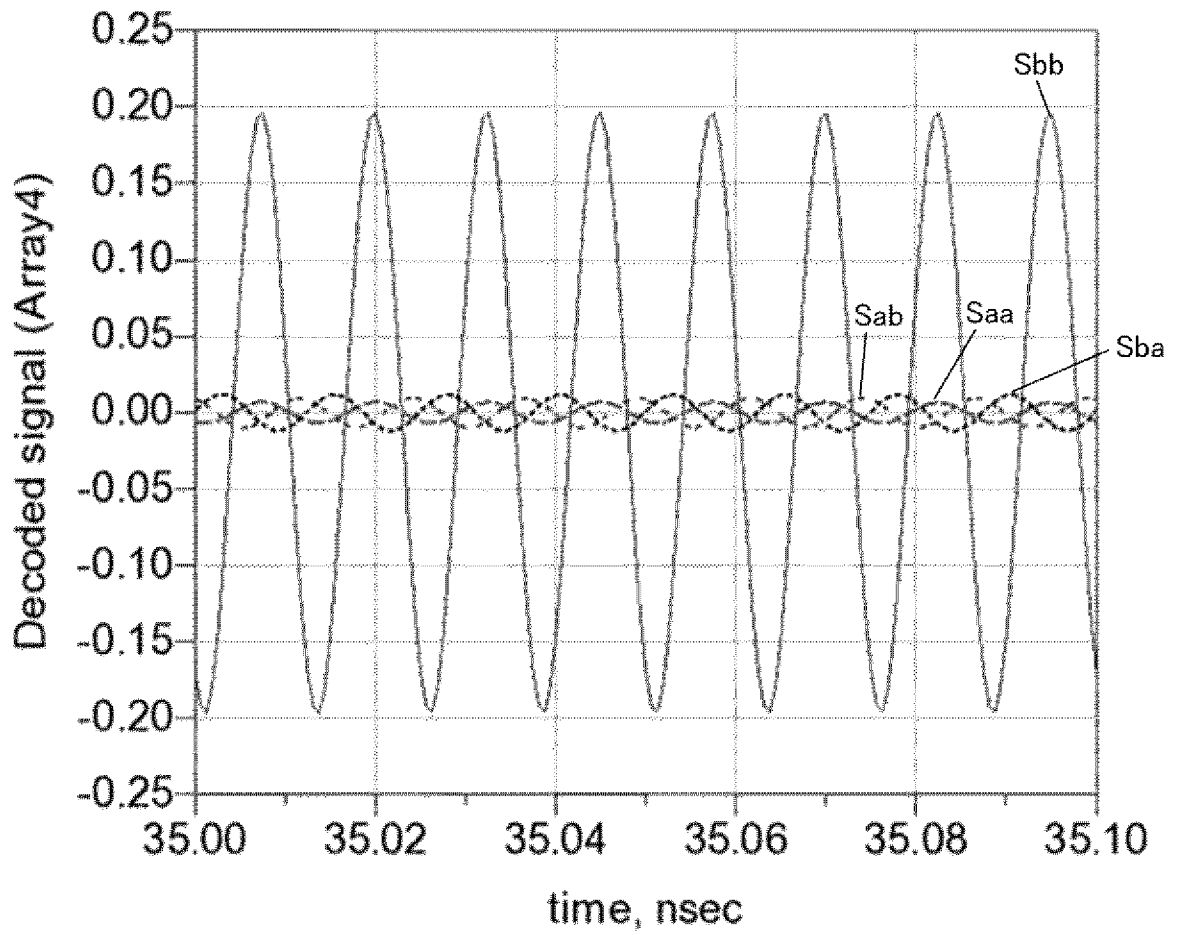
[図4]



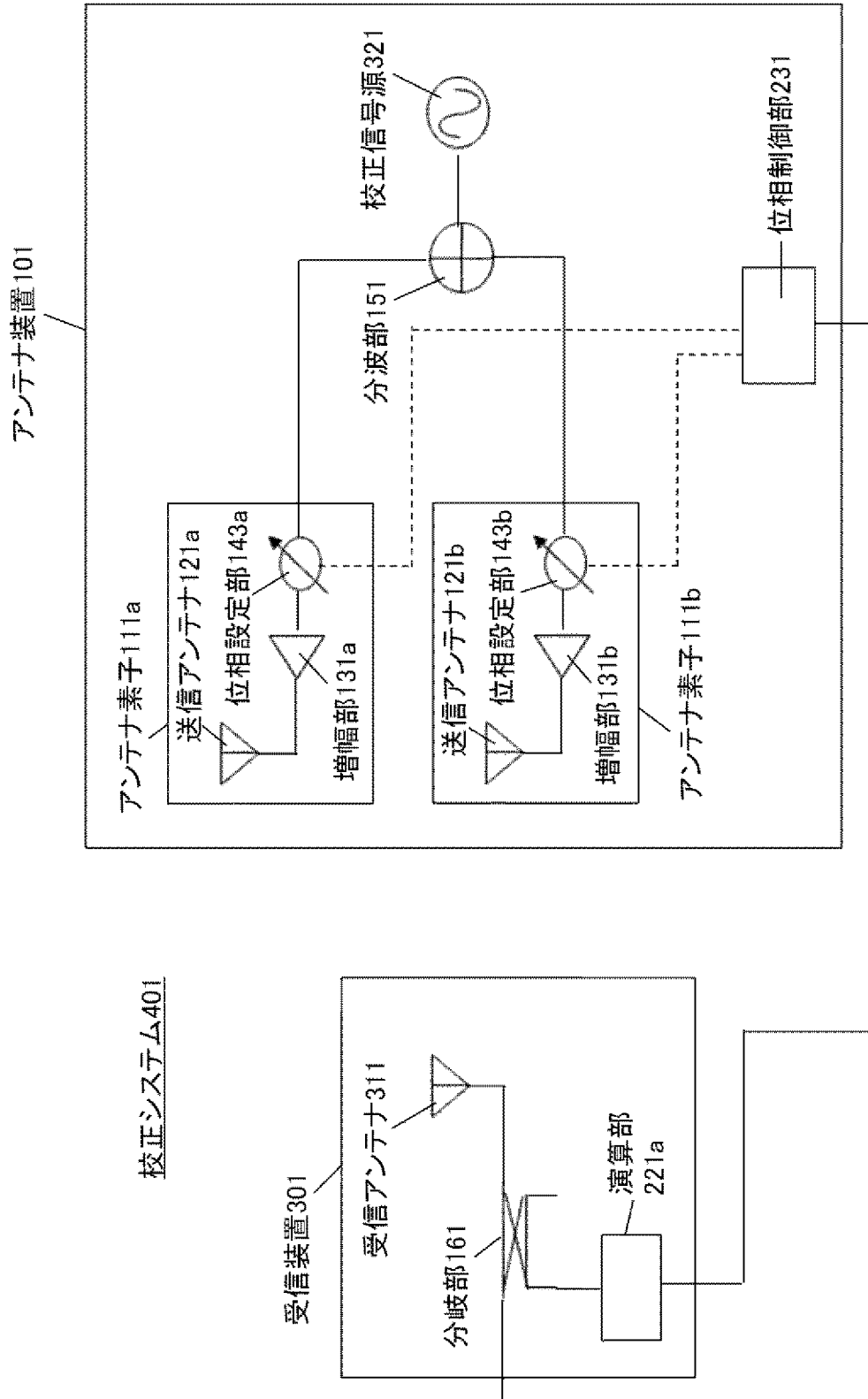
[5]



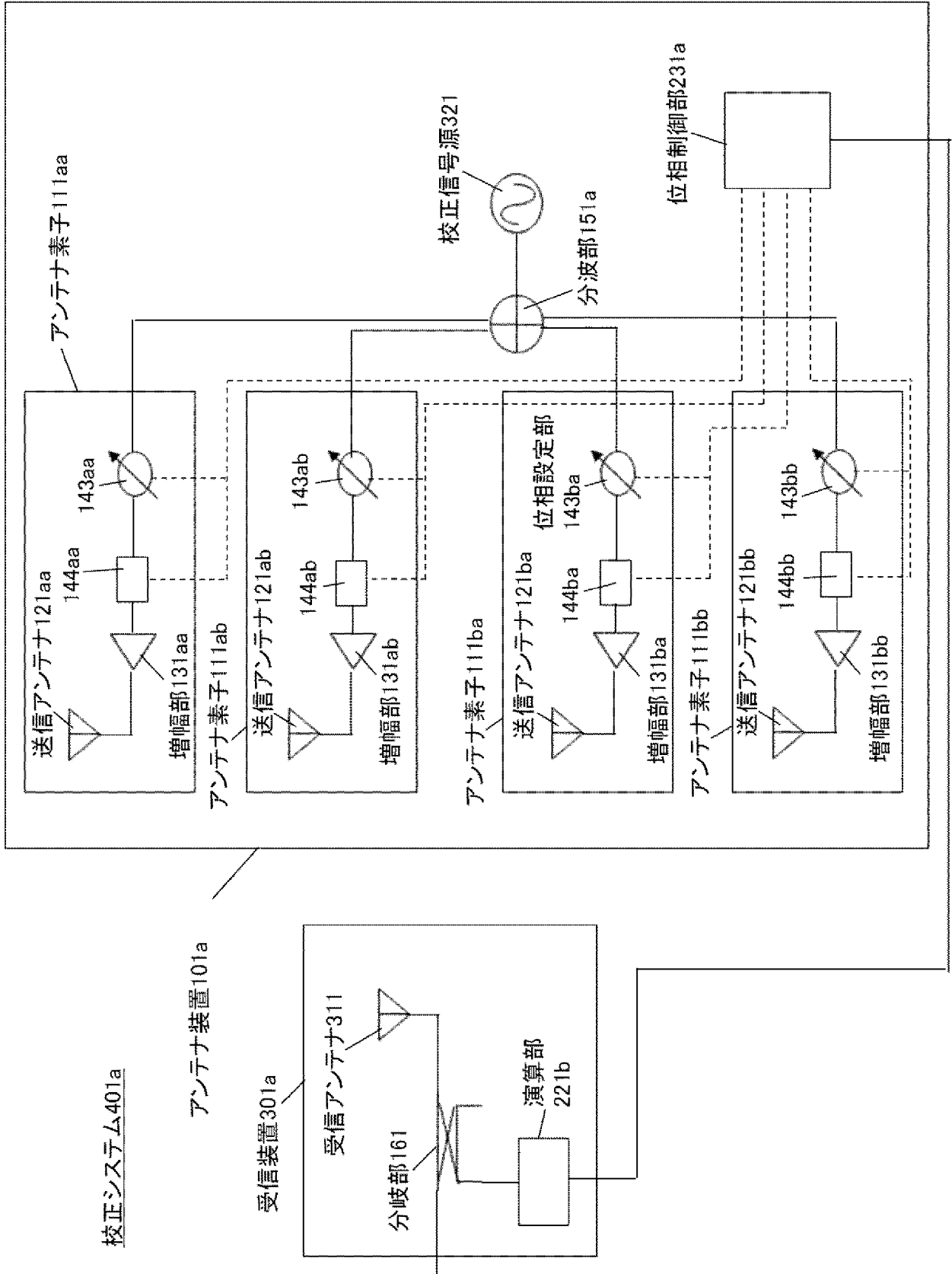
[図6]



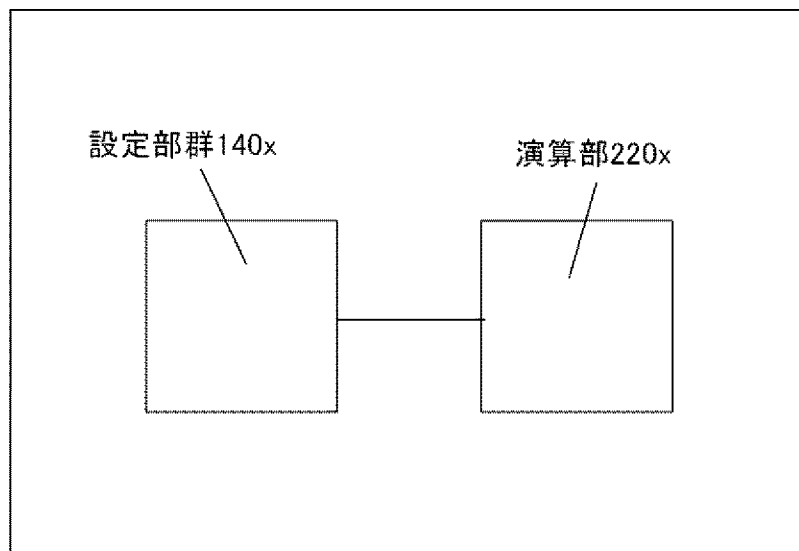
[図7]



[図8]



[図9]

処理装置100x

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/015637

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04B7/06(2006.01) i, H04B7/08(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H04B7/06, H04B7/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | |
|--|-----------|
| Published examined utility model applications of Japan | 1922-1996 |
| Published unexamined utility model applications of Japan | 1971-2018 |
| Registered utility model specifications of Japan | 1996-2018 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2018 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | WO 2006/051614 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 May 2006 (Family: none) | 1-23 |
| A | JP 57-093267 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 June 1982 (Family: none) | 1-23 |
| A | US 7292877 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 06 November 2007 & WO 2003/090386 A1 & KR 10-2003-0083207 A & CA 2522704 A & AU 2003218842 A | 1-23 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 June 2018 (29.06.2018)

Date of mailing of the international search report

10 July 2018 (10.07.2018)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

| | | | |
|---|--|--|------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04B7/06(2006.01)i, H04B7/08(2006.01)i | | | |
| B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04B7/06, H04B7/08 | | | |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2018年 日本国実用新案登録公報 1996-2018年 日本国登録実用新案公報 1994-2018年 | | | |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） IEEE Xplore | | | |
| C. 関連すると認められる文献 | | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 | |
| A | WO 2006/051614 A1（三菱電機株式会社）2006.05.18, （ファミリーなし） | 1-23 | |
| A | JP 57-093267 A（三菱電機株式会社）1982.06.10, （ファミリーなし） | 1-23 | |
| A | US 7292877 B2（SAMSUNG ELECTRONICS CO. LTD.）2007.11.06, & WO 2003/090386 A1 & KR 10-2003-0083207 A & CA 2522704 A & AU 2003218842 A | 1-23 | |
| ☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 | | ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。 | |
| * 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | | の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献 | |
| 国際調査を完了した日 | 29.06.2018 | 国際調査報告の発送日 | 10.07.2018 |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | | 特許庁審査官（権限のある職員） 大野 友輝 電話番号 03-3581-1101 内線 3556 | 5K 4685 |