

(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
2023年8月10日(10.08.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/149042 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 21/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/041397

(22) 国際出願日: 2022年11月7日(07.11.2022)

(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 2022-015645 2022年2月3日(03.02.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 根本 崇 弥 (NEMOTO Takaya);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番
1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

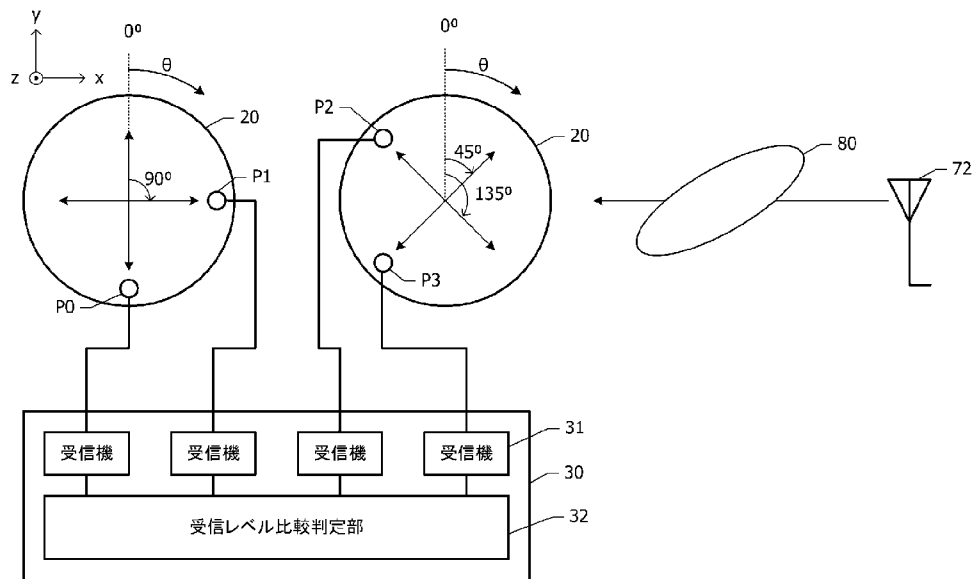
(74) 代理人: 来山 幹 雄, 外 (KITAYAMA Mikio et
al.); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町 3 丁
目 6 番 D' s V A R I E 神田錦町 801 号室
欧和特許事務所 東京事務所 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) Title: ANTENNA MODULE, ANTENNA SYSTEM, AND RADIO WAVE RECEPTION METHOD

(54) 発明の名称: アンテナモジュール、アンテナシステム、及び電波受信方法

Fig.1



31 Reception device

32 Reception level comparison determination unit

(57) Abstract: According to the present invention, each of a plurality of antenna elements includes two ports for receiving two linear polarization waves that are orthogonal to each other. A processing unit processes signals received by the plurality of antenna elements. The polarization directions of the linear polarization waves received through the respective two ports of the plurality of antenna elements are different between the plurality of antenna elements. At the time of arrival of radio waves, the processing unit compares, between the plurality of ports, reception levels of linear polarization wave

LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, 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, ME, 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))

components received through the plurality of ports included in the plurality of antenna elements, and detects a port that provides the highest reception level.

(57) 要約: 複数のアンテナ素子の各々が、直交する2つの直線偏波を受信する2つのポートを含む。処理部が、複数のアンテナ素子で受信された信号を処理する。複数のアンテナ素子が2つのポートのそれぞれによって受信する直線偏波の偏波方向は、複数のアンテナ素子の間で異なっている。処理部は、電波が到来したときに複数のアンテナ素子に含まれる複数のポートのそれぞれで受信される直線偏波成分の受信レベルを複数のポートの間で比較し、受信レベルが最も高いポートを検出する。

明 細 書

発明の名称：

アンテナモジュール、アンテナシステム、及び電波受信方法

技術分野

[0001] 本発明は、アンテナモジュール、アンテナシステム、及び電波受信方法に関する。

背景技術

[0002] 複数個の円偏波アンテナ素子を配列して構成された円偏波アレーアンテナの軸比を改善する技術が特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に開示された技術では、3 種類の直線偏波成分の放射電界強度を等しくするように、複数の円偏波アンテナ素子の励振位相を求め、この位相で複数の円偏波アンテナ素子を励振する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 3－2 4 9 8 0 7 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 送信アンテナ及び受信アンテナの少なくとも一方の向きが固定されていないような通信、例えば携帯端末と基地局との通信においては、一方のアンテナに円偏波アンテナが用いられ、他方のアンテナに直線偏波アンテナが用いられる。円偏波アンテナから送信される電波は、一般的には完全な円偏波にはならず、楕円偏波になる。楕円偏波を直線偏波アンテナで受信する場合、受信感度が楕円偏波の長軸方向に依存して変化する。到来する楕円偏波の長軸方向を検出することができれば、受信感度の低下を抑制することが可能になる。本発明の目的は、到来する楕円偏波の長軸方向に関する情報を得ることができるアンテナモジュールを提供することである。本発明の他の目的は、到来する楕円偏波の長軸方向に関する情報を得ることができる電波受信方

法を提供することである。

[0005] 逆に、円偏波受信アンテナで直線偏波を受信する場合、到来する直線偏波の偏波方向によって受信感度が低下する場合がある。本発明のさらに他の目的は、円偏波受信アンテナで直線偏波を受信する場合に、受信感度の低下を抑制することができるアンテナシステムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一観点によると、

各々が、直交する2つの直線偏波を受信する2つのポートを含む複数のアンテナ素子と、

前記複数のアンテナ素子で受信された信号を処理する処理部とを備え、

前記複数のアンテナ素子が2つのポートのそれぞれによって受信する直線偏波の偏波方向は、前記複数のアンテナ素子の間で異なり、

前記処理部は、電波が到来したときに前記複数のアンテナ素子に含まれる複数のポートのそれぞれで受信される直線偏波成分の受信レベルを前記複数のポートの間で比較し、受信レベルが最も高いポートを検出するアンテナモジュールが提供される。

[0007] 本発明の他の観点によると、

各々が2つのポートを持ち、2つのポートによって偏波方向の異なる2つの直線偏波を送受信する複数のアンテナ素子、及び

前記複数のアンテナ素子に送信信号を供給するとともに、前記複数のアンテナ素子で受信された受信信号を処理する処理部を有する第1アンテナモジュールと、

前記第1アンテナモジュールから送信された電波を受信し、受信レベルを測定し、測定された受信レベルを特定する情報を含む信号を前記第1アンテナモジュールに返信する第2アンテナモジュールとを備え、

前記複数のアンテナ素子が送信する直線偏波の偏波方向は、アンテナ素子

の間で異なっており、

前記処理部は、

前記複数のアンテナ素子の前記複数のポートのうち一つのポートに送信信号を供給して直線偏波を送信し、前記第2アンテナモジュールから返信された返信信号を受信する処理を、前記複数のポートのそれぞれについて実行し、

前記返信信号に含まれる受信レベルを特定する情報から、前記複数のポートのうち受信レベルが最も高くなったときに使用したポートを検出するアンテナシステムが提供される。

発明の効果

[0008] 複数のアンテナ素子に含まれる複数のポートから、受信レベルが最も高いポートを検出することにより、到来する楕円偏波の長軸方向を、ある範囲内で特定することができる。

[0009] 第2アンテナモジュールで受信された受信レベルに基づいて第1アンテナモジュールから送信する直線偏波の偏波方向を変化させることにより、第2アンテナモジュールでの受信感度の低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施例によるアンテナモジュールの概略図である。

[図2]図2は、第1実施例によるアンテナモジュールの処理部が実行する処理の手順を示すフローチャートである。

[図3]図3Aは、2つのアンテナ素子で受信される楕円偏波の x - y 面上における電界ベクトルの先端の軌跡を示す模式図であり、図3Bは、楕円偏波の長軸の方向と、受信レベルが最大になるポートとの関係を示す線図である。

[図4]図4は、第1実施例の変形例によるアンテナモジュールの2つのアンテナ素子で受信される直線偏波の x - y 面上における電界ベクトルの先端の軌跡を示す模式図である。

[図5]図5は、第1実施例の他の変形例によるアンテナモジュールに搭載された2つのアンテナ素子の平面図である。

[図6]図 6 は、第 2 実施例によるアンテナモジュールの概略図である。

[図7]図 7 は、第 2 実施例によるアンテナモジュールの処理部が実行する処理の手順を示すフローチャートである。

[図8]図 8 は、第 2 実施例によるアンテナモジュールの 2 つのアンテナ素子の偏波方向を説明するための模式図である。

[図9]図 9 は、第 2 実施例によるアンテナモジュールの処理部の処理の手順を示すフローチャートである。

[図10]図 10 は、第 2 実施例の変形例によるアンテナモジュールのアンテナ素子と、その偏波方向との関係を示す模式図である。

[図11]図 11 A は、第 2 実施例の他の変形例によるアンテナモジュールのアンテナ素子と、その偏波方向との関係を示す模式図であり、図 11 B 及び図 11 C は、1 番目のアンテナ素子と 2 番目のアンテナ素子とを重ねて示した模式図である。

[図12]図 12 は、N 個のアンテナ素子を重ねたときの 2 N 個のポートで受信される直線偏波の偏波方向の位置関係を示す模式図である。

[図13]図 13 は、第 3 実施例によるアンテナシステムの概略図である。

[図14]図 14 は、第 3 実施例によるアンテナシステムの第 1 アンテナモジュール及び第 2 アンテナモジュールの処理の手順を示すフローチャートである。

[図15]図 15 は、第 3 実施例の変形例によるアンテナシステムの概略図である。

[図16]図 16 A から図 16 D までの図面は、上述の実施例によるアンテナモジュールを用いた通信システムの概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] [第 1 実施例]

図 1 から図 3 B までの図面を参照して、第 1 実施例によるアンテナモジュールについて説明する。なお、「アンテナモジュール」は、「アンテナ装置」ということもできる。

図1は、第1実施例によるアンテナモジュールの概略図である。第1実施例によるアンテナモジュールは、2つのアンテナ素子20及び処理部30を備えている。送信アンテナ72から送信された電波を2つのアンテナ素子20が受信する。送信アンテナ72は円偏波を送信するように設計されているが、実際に送信される電波は完全な円偏波にはならず、楕円偏波80になる。

- [0012] 2つのアンテナ素子20の各々は、例えば円形のパッチアンテナであり、2つのポートを有している。一方のアンテナ素子20の2つのポートをポートP0、P1と標記し、他方のアンテナ素子20の2つのポートを、ポートP2、P3と標記することとする。アンテナ素子20の2つのポートのそれぞれによって直線偏波を受信することができる。2つのアンテナ素子20が配置された面をxy面とするxyz直交座標系を定義する。アンテナ素子20を正面から見たとき、y軸の正の方向から時計回りに傾く角度を傾き角 θ と標記する。y軸の正の方向から反時計回りに傾く場合の傾き角 θ の値は負になる。
- [0013] 一方のアンテナ素子20のポートP0で受信する直線偏波の偏波方向はy軸に平行（傾き角 θ が 0° ）であり、ポートP1で受信する直線偏波の偏波方向はx軸に平行（傾き角 θ が 90° ）である。他方のアンテナ素子20のポートP2で受信する直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 135° であり、ポートP3で受信する直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 45° である。
- [0014] すなわち、一つのアンテナ素子20に着目したとき、一方のポートで受信する直線偏波と他方のポートで受信する直線偏波との偏波方向は相互に直交している。さらに、一方のアンテナ素子20の2つのポートのそれぞれで受信する2つの直線偏波の偏波方向と、他方のアンテナ素子20の2つのポートのそれぞれで受信する2つの直線偏波の偏波方向とは、 45° の角度をなす。
- [0015] 処理部30は、4つの受信機31と、受信レベル比較判定部32とを含む。4つの受信機31は、それぞれ2つのアンテナ素子20の合計4つのポー

ト P 0、P 1、P 2、P 3 に接続されている。4 つのポート P 0、P 1、P 2、P 3 のそれぞれで受信された受信信号が、4 つの受信機 3 1 に入力される。受信機 3 1 は、受信信号の受信レベルを測定する。受信機 3 1 で測定される受信レベルは、各ポートで受信される直線偏波成分の強度に相当する。受信レベルの測定結果が受信レベル比較判定部 3 2 に入力される。

[0016] 次に、図 2 を参照して、第 1 実施例によるアンテナモジュールの処理部 3 0 が実行する処理について説明する。図 2 は、処理部 3 0 が実行する処理の手順（電波受信方法）を示すフローチャートである。まず、送信アンテナ 7 2（図 1）から送信された電波を 2 つのアンテナ素子 2 0 で受信し、4 つのポート P 0、P 1、P 2、P 3 のそれぞれで受信された受信信号を、処理部 3 0 の受信機 3 1 が取得する（ステップ S A 1）。受信機 3 1 は、4 つのポート P 0、P 1、P 2、P 3 のそれぞれで受信された受信信号の受信レベルを測定する（ステップ S A 2）。受信レベルの測定結果が受信レベル比較判定部 3 2 に入力される。

[0017] 受信レベル比較判定部 3 2 は、ポート P 0、P 1、P 2、P 3 のそれぞれで受信された受信信号の受信レベルを比較し、最も高い受信レベルを示したポートを検出する（ステップ S A 3）。

[0018] 次に、図 3 A を参照して第 1 実施例の優れた効果について説明する。図 3 A は、2 つのアンテナ素子 2 0（図 1）で受信される楕円偏波の x y 面上における電界ベクトルの先端の軌跡 8 1 を示す模式図である。送信アンテナ 7 2（図 1）が円偏波を送信するように設計されていたとしても、一般的に、実際に送信される電波は楕円偏波になる。図 3 A では、楕円偏波の長軸 M A が、y 軸方向に対してやや傾いている例を示している。

[0019] 一方のアンテナ素子 2 0 のポート P 0、P 1 は、それぞれ y 方向及び x 方向に平行な偏波方向を持つ直線偏波を受信するため、ポート P 0、P 1 で受信された受信信号の受信レベル L 0、L 1 は、それぞれ軌跡 8 1 の y 方向の寸法及び x 方向の寸法に相当する。他方のアンテナ素子 2 0 のポート P 2、P 3 は、それぞれ偏波方向の傾き角 θ が 135° 及び 45° の直線偏波を受

信するため、ポート P 2、P 3 で受信された受信信号の受信レベル L 2、L 3 は、それぞれ軌跡 8 1 の、傾き角 θ が 135° の方向 D 1 3 5 及び傾き角 θ が 45° の方向 D 4 5 の寸法に相当する。

[0020] 例えば、楕円偏波の長軸 MA の傾き角 θ が -22.5° より大きく 22.5° 未満であるとき、受信レベル L 0、L 1、L 2、L 3 の大小関係は、 $L 0 > L 3 > L 2 > L 1$ となる。最も高い受信レベルを示すポート P 0 で受信される直線偏波の偏波方向（y 方向）が、他のポート P 1、P 2、P 3 で受信される直線偏波の偏波方向と比べて、楕円偏波の長軸 MA の方向に最も近い。

[0021] 図 3 B は、楕円偏波の長軸 MA の方向と、受信レベルが最大になるポートとの関係を示す線図である。受信レベル L 0 が最大の場合、楕円偏波の長軸 MA の傾き角 θ は -22.5° より大きく 22.5° 未満であると特定できる。受信レベル L 3 が最大の場合、楕円偏波の長軸 MA の傾き角 θ は 22.5° より大きく 67.5° 未満であると特定できる。受信レベル L 1 が最大の場合、楕円偏波の長軸 MA の傾き角 θ は 67.5° より大きく 112.5° 未満であると特定できる。受信レベル L 2 が最大の場合、楕円偏波の長軸 MA の傾き角 θ は 112.5° より大きく 157.5° 未満であると特定できる。

[0022] 楕円偏波の長軸 MA の傾き角 θ がある範囲内で特定できると、楕円偏波の長軸 MA の方向に依存する種々処理において、処理を最適化することが可能である。

[0023] 次に、図 4 を参照して第 1 実施例の変形例について説明する。第 1 実施例では、2 つのアンテナ素子 2 0 で楕円偏波を受信するが、第 1 実施例の変形例では、直線偏波を受信する。本変形例では、到来する直線偏波の偏波方向を推定する。

[0024] 図 4 は、第 1 実施例の変形例によるアンテナモジュールの 2 つのアンテナ素子 2 0（図 1）で受信される直線偏波の x y 面上における電界ベクトルの先端の軌跡 8 1 を示す模式図である。軌跡 8 1 は、例えば y 軸方向からやや

ずれた方向に延びる直線である。一方のアンテナ素子20のポートP0、P1（図1）で受信される受信信号の受信レベルL0、L1は、それぞれ軌跡81のy方向の寸法及びx方向の寸法に相当する。他方のアンテナ素子20のポートP2、P3で受信される受信信号の受信レベルL2、L3は、それぞれ軌跡81の、傾き角 θ が 135° の方向D135及び傾き角 θ が 45° の方向D45の寸法に相当する。

[0025] 本変形例では、4つのポートP0、P1、P2、P3で受信された受信信号の受信レベルL0、L1、L2、L3の大小関係から、到来した直線偏波の偏波方向をある範囲内で特定することができる。

[0026] 次に、図5を参照して第1実施例の他の変形例について説明する。

図5は、第1実施例の他の変形例によるアンテナモジュールに搭載された2つのアンテナ素子20の平面図である。第1実施例によるアンテナモジュールでは、アンテナ素子20として円形のパッチアンテナが用いられている。これに対して本変形例では、アンテナ素子20として正方形のパッチアンテナが用いられている。アンテナ素子20の各々の2つのポートは、アンテナ素子20の隣り合う2つの辺の中点のそれぞれと幾何中心とを両端とする線分上に配置される。

[0027] 2つのアンテナ素子20で受信される直線偏波の偏波方向は、2つのアンテナ素子20の間で 45° ずれている。第1実施例では、アンテナ素子20が円形であるため、アンテナ素子20の偏波方向を回転させてもアンテナ素子20の外形は見かけ上回転しない。これに対して図5に示した変形例のようにアンテナ素子20を正方形にした場合は、アンテナ素子20の偏波方向を回転させる場合、アンテナ素子20の外形を傾き角 θ の方向に回転させる必要がある。

[0028] 本変形例のように、アンテナ素子20の形状を正方形にしてもよい。また、アンテナ素子20が、相互に直交する偏波方向の2つの直線偏波を受信できるという条件の下で、アンテナ素子20をその他の形状にしてもよい。例えば、正方形の4つの角を正形状に切り落とした形状にしてもよい。

[0029] 次に、第1実施例のさらに他の変形例について説明する。

第1実施例では、2つのアンテナ素子20（図1）で受信する直線偏波の偏波方向が、アンテナ素子20の間で45°の角度をなしているが、アンテナ素子20の間での直線偏波の偏波方向のなす角度は必ずしも45°である必要はない。2つのアンテナ素子20の合計4つのポートP0、P1、P2、P3で、偏波方向の異なる4つの直線偏波を受信できる構成にすればよい。この場合にも、到来する電波の受信レベルが最大になるポートで受信する直線偏波の偏波方向の受信感度が最大になるように、各ポートの信号レベル変化量（利得量と減衰量との和）と位相変化量とを設定すればよい。

[0030] [第2実施例]

次に、図6から図9までの図面を参照して第2実施例によるアンテナモジュールについて説明する。以下、図1から図3Bまでの図面を参照して説明した第1実施例によるアンテナモジュールと共通の構成については説明を省略する。

[0031] 図6は、第2実施例によるアンテナモジュールの概略図である。第2実施例によるアンテナモジュールも、第1実施例によるアンテナモジュールと同様に、2つのアンテナ素子20及び処理部30を備えている。第1実施例（図1）では、処理部30が4つの受信機31及び受信レベル比較判定部32を含む。これに対して第2実施例では、処理部30が受信機31及び受信レベル比較判定部32に加えて、受信アンプ33、送信アンプ34、可変減衰器35、移相器36、及び合成分波器37を含む。受信アンプ33、送信アンプ34、可変減衰器35、及び移相器36は、4つのポートP0、P1、P2、P3のそれぞれに対応して設けられている。なお、受信アンプ33、送信アンプ34、可変減衰器35、及び移相器36の接続順は、図6に示した順番に限定されない。

[0032] 受信レベル比較判定部32が、受信アンプ33の利得量、可変減衰器35の減衰量及び移相器36の位相変化量を制御する。受信アンプ33の利得量および可変減衰器35の減衰量を制御することによって、受信信号の信号レ

ベル変化量が制御される。

[0033] アンテナモジュールが信号を受信する場合には、4つのポートP0、P1、P2、P3のそれぞれで受信された受信信号が、受信アンプ33で増幅され、可変減衰器35及び移相器36を通過して合成分波器37に入力される。合成分波器37は、入力された4つの受信信号を合成する。合成された受信信号は、ダウンコンバートされてベースバンド信号処理回路に入力される。

[0034] アンテナモジュールが信号を送信する場合には、送信すべき信号が合成分波器37で4つの信号に分波される。分波されたそれぞれの信号が、移相器36、可変減衰器35を通過し、送信アンプ34で増幅されて4つのポートP0、P1、P2、P3のそれぞれに供給される。送信時には、送信アンプ34の利得、可変減衰器35の減衰量、及び移相器36の位相変化量が制御される。

[0035] 次に、図7を参照して第2実施例によるアンテナモジュールの処理部30が実行する処理について説明する。図7は、処理部30が実行する処理（電波受信方法）の手順を示すフローチャートである。ステップSA1からステップSA3までの手順は、第1実施例によるアンテナモジュールの処理部30が実行する手順（図2）と同一である。ステップSA3において、最も高い受信レベルを示すポートが複数個あった場合、任意の一つのポートを、受信レベルが最大であるポートとするとよい。または、予め各ポートに優先順位を付与しておき、最も高い受信レベルを示す複数のポートのうち優先順位の最も高いポートを、受信レベルが最大であるポートとしてもよい。

[0036] ステップSA3において、最も高い受信レベルを示したポートが検出されると、受信レベルが最大になったポートで受信される直線偏波の偏波方向の受信感度が最大になるように、2つのアンテナ素子20のそれぞれの2つのポートで受信された受信信号に作用させる信号レベル変化量及び位相変化量を設定する（ステップSA4）。本明細書において、各ポートで受信された受信信号に作用させる信号レベル変化量及び位相変化量を、ポートの信号レ

ベル変化量及びポートの位相変化量という場合がある。具体的には、それぞれのポートに接続された受信アンプ 33（図 6）の利得量、可変減衰器 35（図 6）の減衰量、及び移相器 36（図 6）の位相変化量を設定する。これにより、それぞれのポートで受信された受信信号の信号レベルが、設定された信号レベル変化量だけ変化し、受信信号の位相が、設定された位相変化量だけ変化し、合成分波器 37 に入力される。

[0037] 次に、図 8 を参照して、受信レベルが最大になったポートで受信された直線偏波の偏波方向の受信感度が最大になるように、各ポートで受信された受信信号の信号レベル変化量及び位相変化量を制御する一例について説明する。

[0038] 図 8 は、第 2 実施例によるアンテナモジュールの 2 つのアンテナ素子 20 の偏波方向を説明するための模式図である。一方のアンテナ素子 20 のポート P0 及びポート P1 は、それぞれ傾き角 θ が 180° の位置及び 90° の位置に配置されている。ポート P0 で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 0° であり、ポート P1 で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 90° である。他方のアンテナ素子 20 のポート P2 及びポート P3 は、それぞれ傾き角 θ が -45° の位置及び -135° の位置に配置されている。ポート P2 で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 135° であり、ポート P3 で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 45° である。

[0039] 以下では、ポート P0 で受信された直線偏波の受信レベルが最大である場合について説明する。ポート P0 で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角 θ が 0° であるため、偏波方向の傾き角 θ が 0° の直線偏波の受信感度が最大になるように、各ポートの信号レベル変化量及び位相変化量を制御することになる。図 8 において、傾き角 θ が 0° の偏波方向を太い矢印で表している。2 つのアンテナ素子 20 で受信された受信信号を合成した合成信号の信号レベルを最大にするためには、2 つのアンテナ素子 20 で受信される直線偏波の偏波方向のみならず、位相も合わせなければならない。位相を考慮するために、図 8 において、直線偏波の偏波方向を片矢印で表している。

- [0040] 受信アンプ33及び可変減衰器35によって制御される信号レベル変化量に代えて、通過率を用いて説明する。受信アンプ33の入力信号のパワーを P_{in} 、可変減衰器35の出力信号のパワーを P_{out} と標記すると、通過率は、 P_{out}/P_{in} で定義される。ポートP0の位相を他のポートP1、P2、P3の位相変化量の基準とする。すなわち、ポートP1、P2、P3の位相は、ポートP0の位相を基準とした位相変化量 α で指定される。
- [0041] まず、ポートP0、P1が設けられたアンテナ素子20における制御について説明する。ポートP0の通過率をGに設定する。ポートP0の位相変化量 α は 0° である。ポートP1の通過率を0に設定することにより、偏波方向の傾き角 θ が 0° の直線偏波に対する受信感度が最大になる。ポートP1の通過率が0であるため、ポートP1の位相変化量 α は任意である。
- [0042] 次に、ポートP2、P3が設けられたアンテナ素子20における制御について説明する。ポートP2の通過率をG、位相変化量 α を 180° に設定し、ポートP3の通過率をG、位相変化量 α を 0° に設定すると、偏波方向の傾き角 θ が 0° の直線偏波に対する受信感度が最大になる。さらに、このように設定すると、2つのアンテナ素子20で受信された直線偏波の受信信号の位相を合わせることができる。
- [0043] 次に、図9を参照して、第2実施例によるアンテナモジュールを用いて通信を行うときの処理部30（図6）の処理の手順について説明する。図9は、処理部30（図6）の処理の手順（電波受信方法）を示すフローチャートである。
- [0044] 通信を行う前に、受信感度が最大になるように、各ポートの信号レベル変化量及び位相変化量 α を設定する（ステップSB1）。信号レベル変化量及び位相変化量 α の設定は、図7に示した手順で実行することができる。信号レベル変化量及び位相変化量 α を設定した後、実際に通信を行う（ステップSB2）。通信が終了するまでの期間、処理部30は、合成分波器37（図6）で合成された受信信号の受信レベルが判定閾値以上か否かを判定する（ステップSB3、SB4）。受信レベルが判定閾値以上である場合は、通信

を継続する（ステップS B 4、S B 2）。受信レベルが判定閾値未満になったら、受信感度が最大になるように、各ポートの信号レベル変化量及び位相変化量 α を再設定する（ステップS B 4、S B 1）。すなわち、図7に示した手順を再度実行する。

[0045] 次に、第2実施例の優れた効果について説明する。

第2実施例では、到来電波の受信レベルが最大になるポートで受信される直線偏波の偏波方向の受信感度が最大になるように、2つのアンテナ素子20の4つのポートP 0、P 1、P 2、P 3の信号レベル変化量及び位相変化量が設定される。このため、到来電波が楕円偏波である場合にも、高い受信感度で電波を受信することができる。

[0046] また、第2実施例によるアンテナモジュールは、図4を参照して説明したように、到来電波が直線偏波であり、その偏波方向が不明である場合にも、受信感度が最大になるように複数のアンテナ素子20（図6）の偏波方向を調整することができる。

[0047] 直線偏波を受信する従来のアンテナモジュールで、ある偏波方向の直線偏波を受信するとき、アンテナモジュールの向きを最適化することにより、受信レベルを最大にすることができる。ところが、何らかの要因でアンテナモジュールの向きが変化すると、受信レベルが大きく変動する。第2実施例によるアンテナモジュールにおいては、アンテナモジュールの向きが変化して受信レベルが低下すると、図9に示したステップS B 4、S B 1において、各ポートの信号レベル変化量及び位相変化量が再設定されるため、受信レベルの低下を抑制することができる。

[0048] 次に、図10を参照して第2実施例の変形例によるアンテナモジュールについて説明する。図10は、第2実施例の変形例によるアンテナモジュールのアンテナ素子20と、その偏波方向との関係を示す模式図である。第2実施例によるアンテナモジュールは、2つのアンテナ素子20（図6）を有しているが、本変形例によるアンテナモジュールは、3つのアンテナ素子20を有している。1番目のアンテナ素子20は、ポートP 0、P 1を有してお

り、2番目のアンテナ素子20は、ポートP2、P3を有しており、3番目のアンテナ素子20は、ポートP4、P5を有している。

[0049] 1番目のアンテナ素子20のポートP0、P1は、それぞれ傾き角 θ が 180° 、 90° の位置に配置されている。2番目のアンテナ素子20のポートP2、P3は、それぞれ傾き角 θ が -150° 、 -60° の位置に配置されている。3番目のアンテナ素子20のポートP4、P5は、それぞれ傾き角 θ が -120° 、 -30° の位置に配置されている。

[0050] 3つのアンテナ素子20のそれぞれの一つのポートP0、P2、P4で受信する直線偏波の偏波方向は、 30° ずつ異なっている。例えば、1番目のアンテナ素子20のポートP0で受信する直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 0° であり、2番目のアンテナ素子20のポートP2で受信する直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 30° であり、3番目のアンテナ素子20のポートP4で受信する直線偏波の偏波方向の傾き角 θ は 60° である。

[0051] 図10に示した変形例では、処理部30（図6）は、合計6個のポートで受信された直線偏波の受信レベルを比較し、受信レベルが最大となるポートを検出する。受信レベルが最大となったポートに対応する偏波方向の受信感度が最大になるように、複数のアンテナ素子20の各々の2つのポートの信号レベル変化量及び位相変化量を設定する。

[0052] 以下、3番目のアンテナ素子20のポートP4の受信レベルが最大になった場合を例にとって、最適な信号レベル変化量及び位相変化量について説明する。このとき、傾き角 θ が 60° の偏波方向の受信感度が最大になるようにすればよい。ポートP4の位相を、位相の基準として採用し、ポートP4の通過率をGに設定する。

[0053] 1番目のアンテナ素子20においては、ポートP0の通過率を $(1 / (3^{1/2})) G$ 、位相変化量 α を 0° にし、ポートP1の通過率をG、位相変化量 α を 180° に設定すればよい。2番目のアンテナ素子20においては、ポートP2の通過率をG、位相変化量を 0° にし、ポートP3の通過率を $(1 / (3^{1/2})) G$ 、位相変化量 α を 0° にすればよい。3番目のアンテナ素子

20においては、ポートP5の通過率を0にすればよい。ポートP5の位相変化量 α は任意である。

[0054] 図10に示した第2実施例の変形例のように、アンテナ素子20の個数を3個にしてもよい。より一般的に、アンテナ素子20の個数をN個にしてもよい。ここで、Nは2以上の整数である。このとき、N個のアンテナ素子20のそれぞれの一つのポートで受信する直線偏波の偏波方向がアンテナ素子20の間で $180/(2N)$ 度ずつ異なっている直線偏波を受信するようにするとよい。

[0055] 図10に示した第2実施例の変形例において、ポートP0及びポートP3の両方の通過率をGに設定してもよい。この場合、1番目のアンテナ素子20及び2番目のアンテナ素子20は、ポートP4で受信する直線偏波の偏波方向に対して直交する直線偏波（交差偏波）に対しても感度を持つことになる。ただし、交差偏波の強度が微小である場合は、ポートP4で受信する偏波方向の直線偏波に対する感度の低下は無視することができる。

[0056] すなわち、ポートP4で受信する偏波方向の直線偏波に対して受信感度を最大化するためには、ポートP4で受信する偏波方向の直線偏波成分の位相が、ポートP4と他のポートP0、P1、P2、P3との間で同相になるように各ポートの位相変化量を設定すればよい。

[0057] 次に、図11A、図11B、及び図11Cを参照して、第2実施例の他の変形例によるアンテナモジュールについて説明する。

[0058] 図11Aは、第2実施例の他の変形例によるアンテナモジュールのアンテナ素子20と、その偏波方向との関係を示す模式図である。本変形例によるアンテナモジュールも、図10に示した変形例と同様に、3個のアンテナ素子20を有している。3個のアンテナ素子20の各ポートの配置も、図10に示した変形例と同一である。

[0059] 図10に示した変形例では、アンテナ素子20ごとに、2つのポートの通過率及び位相変化量を調整することにより、アンテナ素子20ごとの受信感度を最大化している。これに対して本変形例では、3個のアンテナ素子20

全体として、受信感度を最大化する。

[0060] 以下、図10を参照して説明した変形例と同様に、3番目のアンテナ素子20のポートP4の受信レベルが最大になった場合を例にとって、最適な通過率及び位相変化量について説明する。ポートP5の通過率を0に設定するのは、図10に示した変形例の場合と同様である。

[0061] 図11B及び図11Cは、1番目のアンテナ素子20と2番目のアンテナ素子20とを重ねて示した模式図である。受信レベルが最大になったポートP4で受信される直線偏波の偏波方向に対する傾き角の絶対値が等しくなる2つの偏波方向の直線偏波を受信する2つのポートを選択する。例えば図11Bに示すように、1番目のアンテナ素子20のポートP1と2番目のアンテナ素子20のポートP2とを選択する。ポートP4で受信される直線偏波の偏波方向を基準としたとき、ポートP1で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角は 30° であり、ポートP2で受信される直線偏波の偏波方向の傾き角は -30° であり、両者の絶対値は等しい。

[0062] 次に、ポートP1とポートP2とで受信された信号を合成して、受信レベル最大のポートP4で受信される直線偏波の受信感度を最大化する方法について説明する。以下の説明では、複数のアンテナ素子20からなるアレーアンテナのボアサイト方向から電波が到来すると仮定する。ポートP4で受信された直線偏波の偏波方向（図11Bにおいて太い矢印で示している方向）成分の位相が、ポートP1、P2、P4で同相になるようにポートP1、P2の位相変化量を設定する。具体的には、ポートP4の位相変化量 α を基準として、ポートP1の位相変化量 α を 180° に設定し、ポートP2の位相変化量 α を 0° に設定する。ポートP1、P2の通過率は、それぞれのポートP1、P2の通過率の最大値に設定する。このように設定すると、ポートP1とポートP2とで受信された信号を合成した場合の受信感度が最大になる。

[0063] 以下、ポートP1とポートP2とでアンテナ利得が同一であると仮定した場合について説明する。ポートP1及びポートP2の通過率の最大値が等し

い場合、ポート P 1 及びポート P 2 の通過率及び位相変化量を上述のように設定すると、2つのアンテナ素子 20 から放射された電波は、遠方界において、ポート P 4 で受信される直線偏波の偏波方向と平行な直線偏波になる。逆に、上述の通過率及び位相変化量の条件で、ポート P 1 とポート P 2 とで平面波とみなされる電波を受信するとき、ポート P 4 で受信される偏波方向の直線偏波に対する受信感度が最大になり、交差偏波に対する受信感度がゼロになる。

[0064] 次に、ポート P 1 とポート P 2 とでアンテナ利得が異なっている場合について説明する。ポート P 1 及びポート P 2 の通過率の最大値が等しい場合、ポート P 1 及びポート P 2 の通過率及び位相変化量を上述のように設定しても、2つのアンテナ素子 20 から放射される電波は、遠方界において、ポート P 4 で受信される直線偏波の偏波方向と平行にならない。逆に、上述の通過率及び位相変化量の条件で、ポート P 1 とポート P 2 とで平面波とみなされる電波を受信するとき、ポート P 4 で受信される直線偏波の交差偏波に対する受信感度はゼロにならない。ただし、この場合でも、ポート P 4 で受信される偏波方向の直線偏波に対する受信感度は最大になる。

[0065] ポート P 1 のアンテナ利得とポート P 1 の通過率との積が、ポート P 2 のアンテナ利得とポート P 2 の通過率との積と等しくなるように、ポート P 1 及びポート P 2 の通過率を設定してもよい。例えば、アンテナ利得が小さい方のポートの通過率を最大に設定し、他方のポートの通過率は、2つのポートのアンテナ利得と通過率との積が等しくなるように設定する。このとき、ポート P 4 で受信される偏波方向の直線偏波に対する受信感度が最大になり、交差偏波に対する受信感度がゼロになる。このため、交差偏波の受信信号による主偏波の受信信号の劣化を抑制することができる。一方のポートの通過率を最大値より小さくすることは、受信アンプ 33 (図 6) の利得を小さくすることに相当する。このため、交差偏波による影響を抑制した上で受信感度を最大化し、かつ消費電力を抑制することができる。

[0066] 通過率を最大値に設定しなくても受信信号の十分な信号レベルを確保する

ことができる場合は、アンテナ利得が小さい方のポートの通過率を最大に設定する必要はない。この場合にも、2つのポートのアンテナ利得と通過率との積が等しくなるように、他方のポートの通過率を設定するとよい。

[0067] 同様に、図11Cに示すように、ポートP0及びポートP3の通過率を共にGに設定し、位相変化量 α を共に 0° に設定する。このとき、2つのポートP0、P3で平面波とみなされる電波を受信するとき、ポートP4で受信される直線偏波の偏波方向（図11Cにおいて太い矢印で示している方向）の直線偏波に対する受信感度が最大になる。

[0068] 本変形例のように、2つのアンテナ素子20にまたがって配置された2つのポートを一組として、受信感度が最大になるように通過率及び位相変化量を調整してもよい。この場合、受信感度が最大になる偏波方向と直交する偏波方向の直線偏波を受信するポート（図11Aに示した例ではポートP5）以外のすべてのポートの通過率（信号レベル変化量）を同一に設定し、位相変化量のみを調整することにより、受信感度を最大化させることができる。

[0069] 上記説明では、複数のアンテナ素子20からなるアレーアンテナのボアサイト方向から電波が到来すると仮定している。複数のアンテナ素子20からなるアレーアンテナのメインビームをボアサイト方向から傾斜させる場合には、偏波方向に応じて受信感度を最大化する制御に加えて、ビームチルトの制御を行えばよい。例えば、偏波方向に応じて受信感度を最大化するための位相変化量と、メインビームの方向に応じて設定される位相変化量とに基づいて複数の位相条件が決められている。メインビームの方向及び偏波方向とから1つの位相条件を選択し、選択された位相条件に基づいて、各ポートに与える位相変化量を決定すればよい。

[0070] 次に、図12を参照して、第2実施例のさらに他の変形例によるアンテナモジュールについて説明する。図11A、図11B、及び図11Cに示した変形例では、3個のアンテナ素子20が配置されている。これに対して図12に示した変形例では、N個のアンテナ素子が配置されている。ここで、Nは2以上の整数である。

[0071] 図12は、 N 個のアンテナ素子を重ねたときの $2N$ 個のポートで受信される直線偏波の偏波方向の位置関係を示す模式図である。 N 個のアンテナ素子を重ねたとき、 $2N$ 個の偏波方向が $180/(2N)$ 度ずつ異なるように $2N$ 個のポートが配置されている。基準となる偏波方向から時計回りの傾き角 θ が大きくなる順番に、偏波方向に0から始まる通し番号を付し、 i 番目の偏波方向を $D(i)$ と標記する。ここで、 i は、0以上 $(2N-1)$ 以下の整数である。

[0072] 受信感度が最大になる偏波方向が i 番目の偏波方向 $D(i)$ である場合について説明する。 $2N$ 個の偏波方向は、角度差が一定になるように分布しているため、偏波方向 $D(i)$ から、時計回り及び反時計回りに同一角度だけ傾いた2つの偏波方向 $D(i+k)$ 、 $D(i-k)$ が存在する。ここで、 k は1以上 $(N-1)$ 以下の整数である。なお、 $i+k$ が N 以上になった場合、 $i+k$ から N を引いた値を $i+k$ の値とみなす。 $i-k$ が負になった場合、 $i-k$ に N を加えた値を $i-k$ の値とみなす。

[0073] この2つの偏波方向 $D(i+k)$ 、 $D(i-k)$ の直線偏波を受信する2つのポートを一組として、偏波方向 $D(i)$ の直線偏波の受信感度が最大になるように、2つのポートの通過率及び位相変化量を設定する。具体的には、この2つのポートの通過率を等しくする。位相変化量は、偏波方向 $D(i)$ の直線偏波を受信するポートの位相に合うように、 0° または 180° に設定する。

[0074] 偏波方向 $D(i)$ に直交する偏波方向 $D(i+N)$ の直線偏波を受信するポートについては、通過率を0に設定する。

[0075] 図12に示した変形例のように、到来する電波の直線偏波または楕円偏波の受信感度が最大になるように、 $2N$ 個のポートの通過率及び位相変化量を設定することが可能である。

[0076] 図12に示した変形例の一例として、すべてのポートの通過量（すなわち、信号レベル変化量）を同一にし、各ポートの位相変化量のみを調整してもよい。この場合、受信レベルが最大のポートで受信される直線偏波の偏波方

向D (i) に平行な直線偏波成分が、各ポートで同相になるように位相変化量 α を制御するとよい。

[0077] 次に、第2実施例のさらに他の変形例について説明する。第2実施例及び上述の変形例では、複数のアンテナ素子のいずれの偏波方向も一致していないが、複数のアンテナ素子のうち少なくともいくつかのアンテナ素子の偏波方向が一致していてもよい。例えば、図6に示した2つのアンテナ素子20を複数セット配置してもよいし、図10に示した3個のアンテナ素子20を複数セット配置してもよい。

[0078] 偏波方向の異なる複数のアンテナ素子のうち、一部の偏波方向のアンテナ素子のみを複数個配置してもよい。例えば、図10に示した例において、ポートP0、P1を持つ1番目のアンテナ素子20のみを2個配置してもよい。

[0079] 同一の偏波方向を持つアンテナ素子が複数個配置されている場合、すべてのアンテナ素子20から偏波方向の異なるN個のアンテナ素子20を抽出し、N個のアンテナ素子20のみを動作させて、到来する楕円偏波の長軸方向を検出すればよい。

[0080] 第2実施例(図6)では、受信機31と受信アンプ33とを別々に設けているが、受信機31の機能を受信アンプ33で実現してもよい。例えば、受信アンプ33で増幅された後、かつ合成分波器37で合成される前の段階の受信信号を、受信レベル比較判定部32に入力するとよい。この場合、複数の受信アンプ33の利得を同一に設定しておく必要がある。可変減衰器35で減衰された受信信号を受信レベル比較判定部32に入力する場合には、複数の可変減衰器35の減衰量を同一に設定しておく必要がある。

[0081] 図6では、4つのポートP0、P1、P2、P3のそれぞれからの給電線を分岐させ、分岐後の給電線を処理部30に接続しているが、それぞれの給電線を処理部30の内部で分岐させてもよい。

[0082] [第3実施例]

次に、図13及び図14を参照して、第3実施例によるアンテナシステム

について説明する。以下、図 6 から図 9 までの図面を参照して説明した第 2 実施例によるアンテナモジュールと共通の構成については説明を省略する。第 2 実施例では、送信アンテナから送信された円偏波を直線偏波のアンテナ素子で受信するときの受信感度の低下が抑制される。これに対して以下に説明する第 3 実施例では、送信アンテナから送信された直線偏波を円偏波のアンテナ素子で受信するときの受信感度の低下が抑制される。

[0083] 図 13 は、第 3 実施例によるアンテナシステムの概略図である。第 3 実施例によるアンテナシステムは、第 1 アンテナモジュール 45 と第 2 アンテナモジュール 46 とを含む。

[0084] 第 1 アンテナモジュール 45 は、2 つのアンテナ素子 20、処理部 30、及びベースバンド処理部 40 を備えている。2 つのアンテナ素子 20 の構成は、第 2 実施例によるアンテナモジュール（図 6）の 2 つのアンテナ素子 20 の構成と同一であり、直線偏波 82 を送信する。処理部 30 は、第 2 実施例によるアンテナモジュール（図 6）と同様に、受信アンプ 33、送信アンプ 34、可変減衰器 35、移相器 36、及び合成分波器 37 を備えている。第 3 実施例による第 1 アンテナモジュール 45 の処理部 30 は、第 2 実施例によるアンテナモジュール（図 6）の処理部 30 の受信機 31 及び受信レベル比較判定部 32 に代えて、送信制御部 39 を備えている。送信制御部 39 は、送信信号を送信するポートの選択、及び送信信号の信号レベルの調整を行う。

[0085] ベースバンド処理部 40 は、復調部 41 及び受信レベル比較部 42 を備えている。復調部 41 は、合成分波器 37 で合成された受信信号を復調する。受信レベル比較部 42 は、受信信号に含まれる受信レベル情報を抽出し、複数の受信レベルを比較する。受信レベル比較部 42 の詳細な機能については、後に図 14 を参照して説明する。なお、処理部 30 及びベースバンド処理部 40 は、これらの機能を実現するハードウェア（集積回路素子）と対応しているわけではない。例えば、復調部 41 の機能を、高周波数域の信号処理を行う高周波集積回路素子（RFIC）とベースバンド周波数域の信号処理

を行うベースバンド集積回路素子（ＢＢＩＣ）との両方に分散して持たせてもよい。

[0086] 第２アンテナモジュール４６は、送受信機７５及び円偏波の送受信を行う送受信アンテナ７６を備えている。送受信アンテナ７６が円偏波を受信する特性を有している場合、直線偏波が到来すると、偏波方向に依らず受信感度は一定である。ところが、実際には、送受信アンテナ７６はある方向に長軸を持つ楕円偏波に対する感度が最大になるような特性を有する。このため、送受信アンテナ７６の受信感度は、到来する直線偏波の偏波方向に依存する。受信感度を高く維持するためには、第１アンテナモジュール４５が、送受信アンテナ７６の受信感度が高くなる偏波方向の直線偏波を送信するようにすることが好ましい。

[0087] 送受信機７５は、電波を受信すると、その受信レベルを測定し、受信レベルを特定する情報を含む返信信号を送受信アンテナ７６から送信する。

[0088] 次に、図１４を参照して、第１アンテナモジュール４５及び第２アンテナモジュール４６が行う処理の手順について説明する。図１４は、第１アンテナモジュール４５及び第２アンテナモジュール４６の処理の手順を示すフローチャートである。

[0089] まず、第１アンテナモジュール４５が、２つのアンテナ素子２０（図１３）の４つのポートから１つのポートＰ０を選択し、選択したポートＰ０に検査用の送信信号を供給することにより、アンテナ素子２０を励振する（ステップＳＣ１）。これにより、検査用の送信信号が供給されたポートＰ０に対応する偏波方向の直線偏波８２が送信される。

[0090] 第２アンテナモジュール４６は、第１アンテナモジュール４５から到来した直線偏波８２を受信し、受信レベルを測定する（ステップＳＤ１）。その後、測定された受信レベルを特定する情報を含む返信信号８３を送信する（ステップＳＤ２）。第１アンテナモジュール４５は、第２アンテナモジュール４６からの返信信号８３を受信し、返信信号８３に含まれる受信レベルを特定する情報を記憶する（ステップＳＣ２）。より具体的には、復調部４１

(図13)が返信信号83を復調し、受信レベル比較部42(図13)が、受信レベルを特定する情報を記憶する。

[0091] ステップSC1、SD1、SD2、SC2の処理を、残りのすべてのポートP1、P2、P3について実行する。このとき、第1アンテナモジュール45から送信する送信信号の信号レベルを一定にする。

[0092] 第1アンテナモジュール45の受信レベル比較部42(図13)は、第2アンテナモジュール46で受信された直線偏波の受信レベルが最大になったポートを検出する(ステップSC3)。受信レベルが最大になったポートを特定する情報が、送信制御部39(図13)に入力される。送信制御部39は、2つのアンテナ素子20から送信される直線偏波の偏波方向が、受信レベルが最大になったポートの直線偏波の方向と同一になるように、4つのポートP0、P1、P2、P3の信号レベル変化量と位相変化量を設定する(ステップSC4)。信号レベル変化量は、送信アンプ34の利得量及び可変減衰器35の減衰量を調整することによって設定される。

[0093] 各ポートの信号レベル変化量及び位相変化量を設定したら、処理部30は、設定された信号レベル変化量及び位相変化量を用いて2つのアンテナ素子20のそれぞれから直線偏波を送信する(ステップSC5)。第2アンテナモジュール46は、第1アンテナモジュール45から送信された直線偏波を受信する(ステップSD3)。

[0094] 次に、第3実施例の優れた効果について説明する。

第3実施例では、第1アンテナモジュール45が送信する直線偏波82の偏波方向が、第2アンテナモジュール46の受信感度が最も高くなる方向に調整される。このため、第1アンテナモジュール45から第2アンテナモジュール46への通信の安定度を高めることができる。

[0095] 次に、図15を参照して第3実施例の変形例によるアンテナシステムについて説明する。図15は、第3実施例の変形例によるアンテナシステムの概略図である。第3実施例(図13)では、復調部41及び受信レベル比較部42の機能が、高周波数域の処理を行う処理部30とは別のベースバンド処

理部 40 で実現される。

[0096] 図 15 に示した変形例では、復調部 41 及び受信レベル比較部 42 が、処理部 30 に含まれている。例えば、高周波数域の信号処理を行う集積回路素子が、復調部 41 及び受信レベル比較部 42 の機能を有している。このように、復調部 41 及び受信レベル比較部 42 の機能を、高周波数域の信号処理を行う集積回路素子に持たせてもよい。

[0097] [実施例によるアンテナモジュールの応用]

次に、図 16A から図 16D までの図面を参照して、第 1 実施例から第 3 実施例までの各実施例によるアンテナモジュール及びアンテナシステムが適用される通信システムについて説明する。図 16A から図 16D までの図面は、上述の実施例によるアンテナモジュールを用いた通信システムの概略図である。

[0098] 図 16A に示す通信システムは、スマートフォン等の携帯端末 51 と基地局 52 とを含む。例えば、携帯端末 51 が直線偏波の送受信を行い、基地局 52 が円偏波の送受信を行う。図 16B に示す通信システムは、地上基地局 53 及び通信衛星 54 を含む。通信衛星 54 が直線偏波の送受信を行い、地上基地局 53 が円偏波の送受信を行う。なお、地上基地局 53 に代えて、地上を移動する携帯端末と通信衛星 54 とで通信システムを構成してもよい。

[0099] 図 16C に示す通信システムは、仮想現実／拡張現実端末 55 とリピータ 56 とを含む。仮想現実／拡張現実端末 55 及びリピータ 56 の一方が直線偏波の送受信を行い、他方が円偏波の送受信を行う。リピータ 56 に代えて、ゲーム機やスマートフォンと仮想現実／拡張現実端末 55 との間で通信を行うようにしてもよい。図 16D に示す通信システムは、スマートフォン等の携帯端末 57 とドローン 58（無人飛行機）とを含む。携帯端末 57 及びドローン 58 の一方が直線偏波の送受信を行い、他方が円偏波の送受信を行う。

[0100] 図 16A から図 16D までの図面に示した種々の通信システムにおいて、上述の実施例によるアンテナモジュールまたはアンテナシステムを採用する

ことにより、受信感度の低下を抑制し、安定した通信を確保することができる。

[0101] 上述の各実施例は例示であり、異なる実施例で示した構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることは言うまでもない。複数の実施例の同様の構成による同様の作用効果については実施例ごとには逐次言及しない。さらに、本発明は上述の実施例に制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

符号の説明

- [0102] 20 アンテナ素子
- 30 処理部
 - 31 受信機
 - 32 受信レベル比較判定部
 - 33 受信アンプ
 - 34 送信アンプ
 - 35 可変減衰器
 - 36 移相器
 - 37 合成分波器
 - 38 送受信機
 - 39 送信制御部
 - 40 ベースバンド処理部
 - 41 復調部
 - 42 受信レベル比較部
 - 45 第1アンテナモジュール
 - 46 第2アンテナモジュール
 - 51 携帯端末
 - 52 基地局
 - 53 地上基地局
 - 54 通信衛星

- 5 5 仮想現実／拡張現実端末
- 5 6 リピータ
- 5 7 携帯端末
- 5 8 ドローン
- 7 2 送信アンテナ
- 7 5 送受信機
- 7 6 送受信アンテナ
- 8 0 楕円偏波
- 8 1 偏波の電界ベクトルの先端の軌跡
- 8 2 直線偏波
- 8 3 返信信号

請求の範囲

- [請求項1] 各々が、直交する2つの直線偏波を受信する2つのポート含む複数のアンテナ素子と、
- 前記複数のアンテナ素子で受信された信号を処理する処理部とを備え、
- 前記複数のアンテナ素子が2つのポートのそれぞれによって受信する直線偏波の偏波方向は、前記複数のアンテナ素子の間で異なっており、
- 前記処理部は、電波が到来したときに前記複数のアンテナ素子に含まれる複数のポートのそれぞれで受信される直線偏波成分の受信レベルを前記複数のポートの間で比較し、受信レベルが最も高いポートを検出するアンテナモジュール。
- [請求項2] 前記複数のアンテナ素子の個数はN個（Nは2以上の整数）であり、前記複数のアンテナ素子のそれぞれの一つのポートで受信する直線偏波の偏波方向が $180 / (2N)$ 度ずつ異なっている直線偏波を受信する請求項1に記載のアンテナモジュール。
- [請求項3] 前記処理部は、前記複数のポートのうち受信レベルが最も高いポートで受信する直線偏波の偏波方向の成分の位相が、前記複数のアンテナ素子に含まれる複数のポートの間で同相になるように、複数のポートから出力される受信信号の位相変化量を制御する請求項1または2に記載のアンテナモジュール。
- [請求項4] 前記処理部は、前記複数のアンテナ素子の複数のポートのそれぞれに接続された複数の移相器を含み、
- 前記複数の移相器のそれぞれが、前記複数のポートから出力される受信信号の位相変化量を制御する請求項3に記載のアンテナモジュール。
- [請求項5] 前記処理部は、前記複数のアンテナ素子のそれぞれで受信する電波の偏波方向が、前記複数のポートのうち受信レベルが最も高いポート

で受信する直線偏波の偏波方向と平行になるように、前記複数のアンテナ素子のそれぞれの2つのポートから出力される受信信号の信号レベル変化量を制御する請求項3に記載のアンテナモジュール。

[請求項6] 前記処理部は、前記複数のアンテナ素子の複数のポートのそれぞれに接続された複数の受信アンプ及び複数の可変減衰器の少なくとも一方を含み、

前記複数の受信アンプのそれぞれの利得量及び前記複数の可変減衰器のそれぞれの減衰量の少なくとも一方を制御することによって前記信号レベル変化量を制御する請求項5に記載のアンテナモジュール。

[請求項7] 各々が2つのポートを持ち、2つのポートによって偏波方向の異なる2つの直線偏波を送受信する複数のアンテナ素子、及び

前記複数のアンテナ素子に送信信号を供給するとともに、前記複数のアンテナ素子で受信された受信信号を処理する処理部を有する第1アンテナモジュールと、

前記第1アンテナモジュールから送信された電波を受信し、受信レベルを測定し、測定された受信レベルを特定する情報を含む信号を前記第1アンテナモジュールに返信する第2アンテナモジュールとを備え、

前記複数のアンテナ素子が送信する直線偏波の偏波方向は、アンテナ素子の間で異なっており、

前記処理部は、

前記複数のアンテナ素子の前記複数のポートのうち一つのポートに送信信号を供給して直線偏波を送信し、前記第2アンテナモジュールから返信された返信信号を受信する処理を、前記複数のポートのそれぞれについて実行し、

前記返信信号に含まれる受信レベルを特定する情報から、前記複数のポートのうち受信レベルが最も高くなったときに使用したポートを検出するアンテナシステム。

[請求項8] 前記処理部は、前記複数のポートのうち受信レベルが最も高くなったときに使用したポートにより放射される直線偏波の偏波方向と同一の偏波方向の直線偏波を、前記複数のアンテナ素子が放射するように、前記複数のアンテナ素子のそれぞれの2つのポートに供給する送信信号の信号レベル変化量及び位相変化量を制御する請求項7に記載のアンテナシステム。

[請求項9] 前記処理部は、前記複数のアンテナ素子の複数のポートのそれぞれに接続された複数の移相器を含み、

前記複数の移相器のそれぞれが、前記複数のポートから出力される受信信号の位相変化量を制御する請求項8に記載のアンテナシステム。

[請求項10] 前記処理部は、前記複数のアンテナ素子の複数のポートのそれぞれに接続された複数の受信アンプ及び複数の可変減衰器の少なくとも一方を含み、

前記複数の受信アンプのそれぞれの利得量及び前記複数の可変減衰器のそれぞれの減衰量の少なくとも一方を制御することによって前記信号レベル変化量を制御する請求項8または9に記載のアンテナシステム。

[請求項11] 各々が、直交する2つの直線偏波を受信する2つのポートを含み、2つのポートのそれぞれによって受信する直線偏波の偏波方向が複数のアンテナ素子の間で異なっている前記複数のアンテナ素子で電波を受信する方法であって、

到来した電波を、前記複数のアンテナ素子の2つのポートのそれぞれで受信した受信信号を取得し、

前記複数のアンテナ素子に含まれる複数のポートのそれぞれで受信される直線偏波成分の受信レベルを前記複数のポートの間で比較し、受信レベルが最も高いポートを検出する電波受信方法。

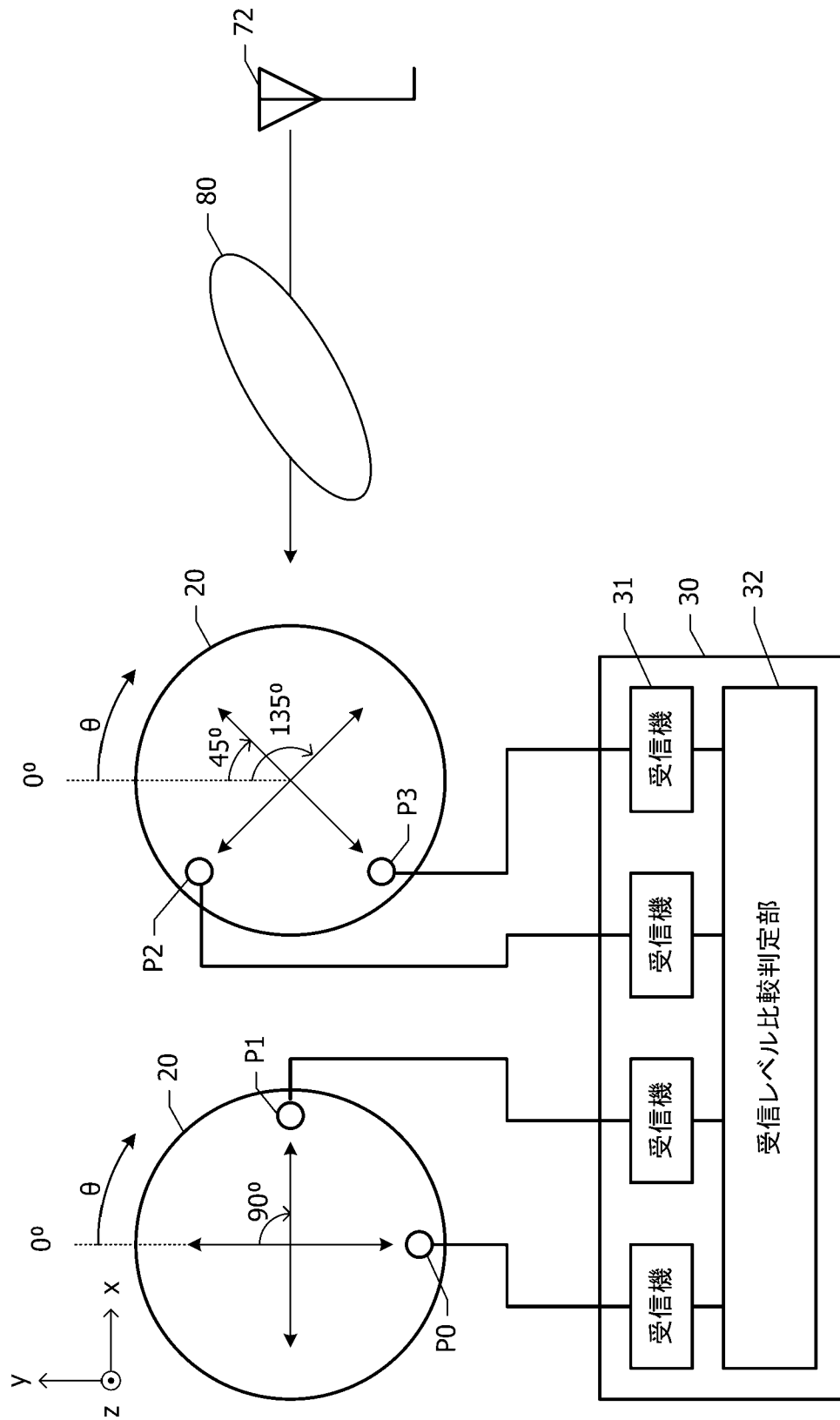
[請求項12] 前記複数のポートのうち受信レベルが最も高いポートで受信する直

線偏波の受信感度が最大になるように、前記複数のアンテナ素子のそれぞれの2つのポートの信号レベル変化量及び位相変化量を設定して通信を行う請求項11に記載の電波受信方法。

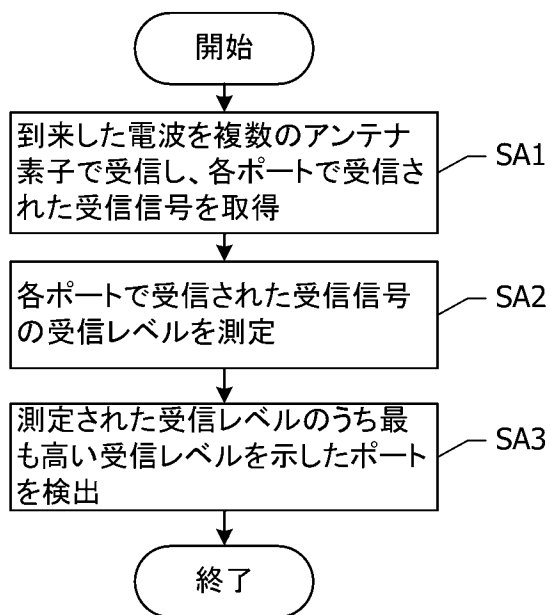
[請求項13] 前記通信を行っている期間に、受信信号の受信レベルが判定閾値未満になると、受信レベルが最も高いポートを検出する手順、及び前記複数のアンテナ素子のそれぞれの2つのポートの信号レベル変化量及び位相変化量を設定する手順を再度実行する請求項12に記載の電波受信方法。

[図1]

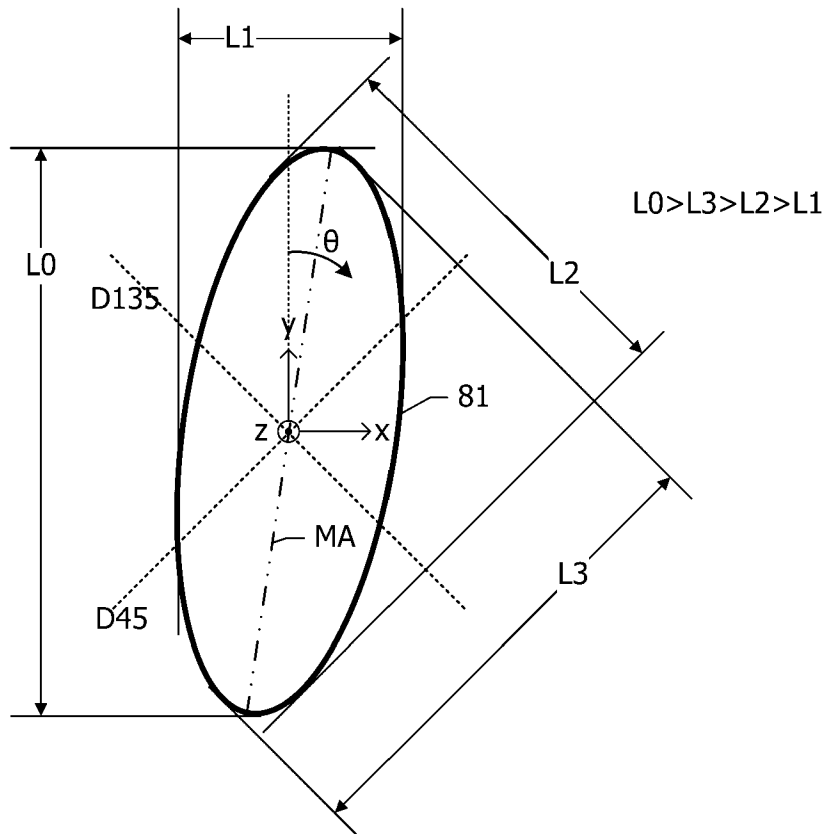
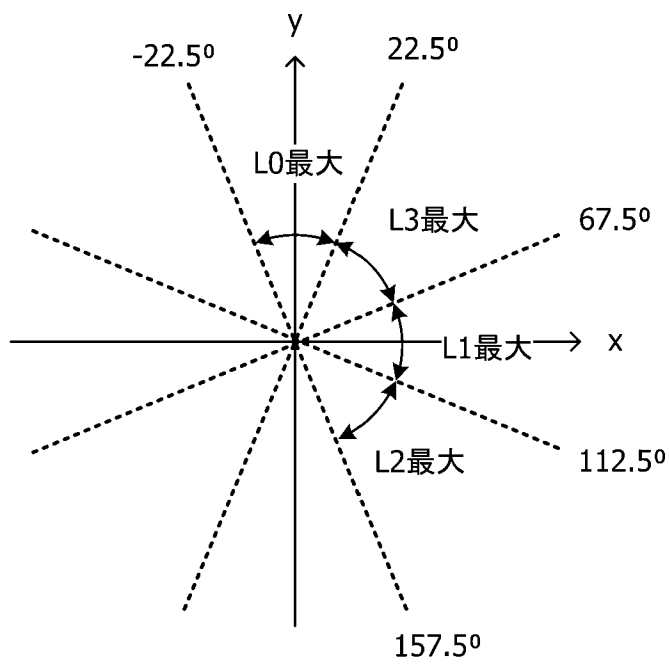
Fig.1



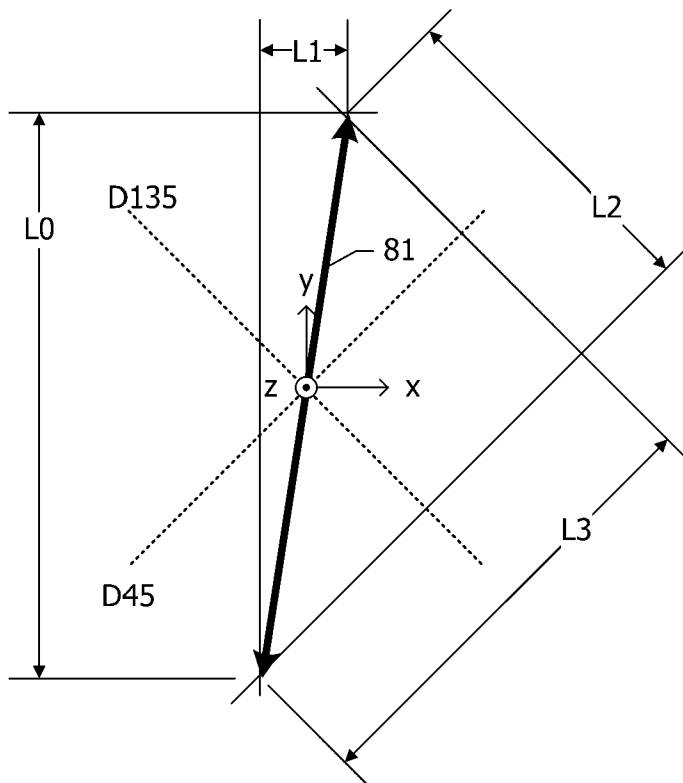
[図2]

Fig.2

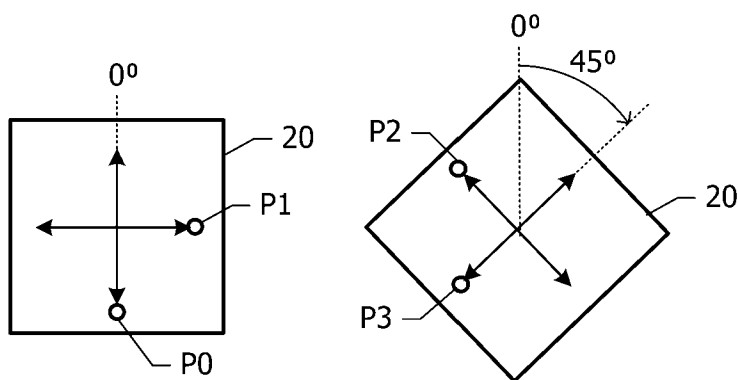
[図3]

Fig.3A**Fig.3B**

[図4]

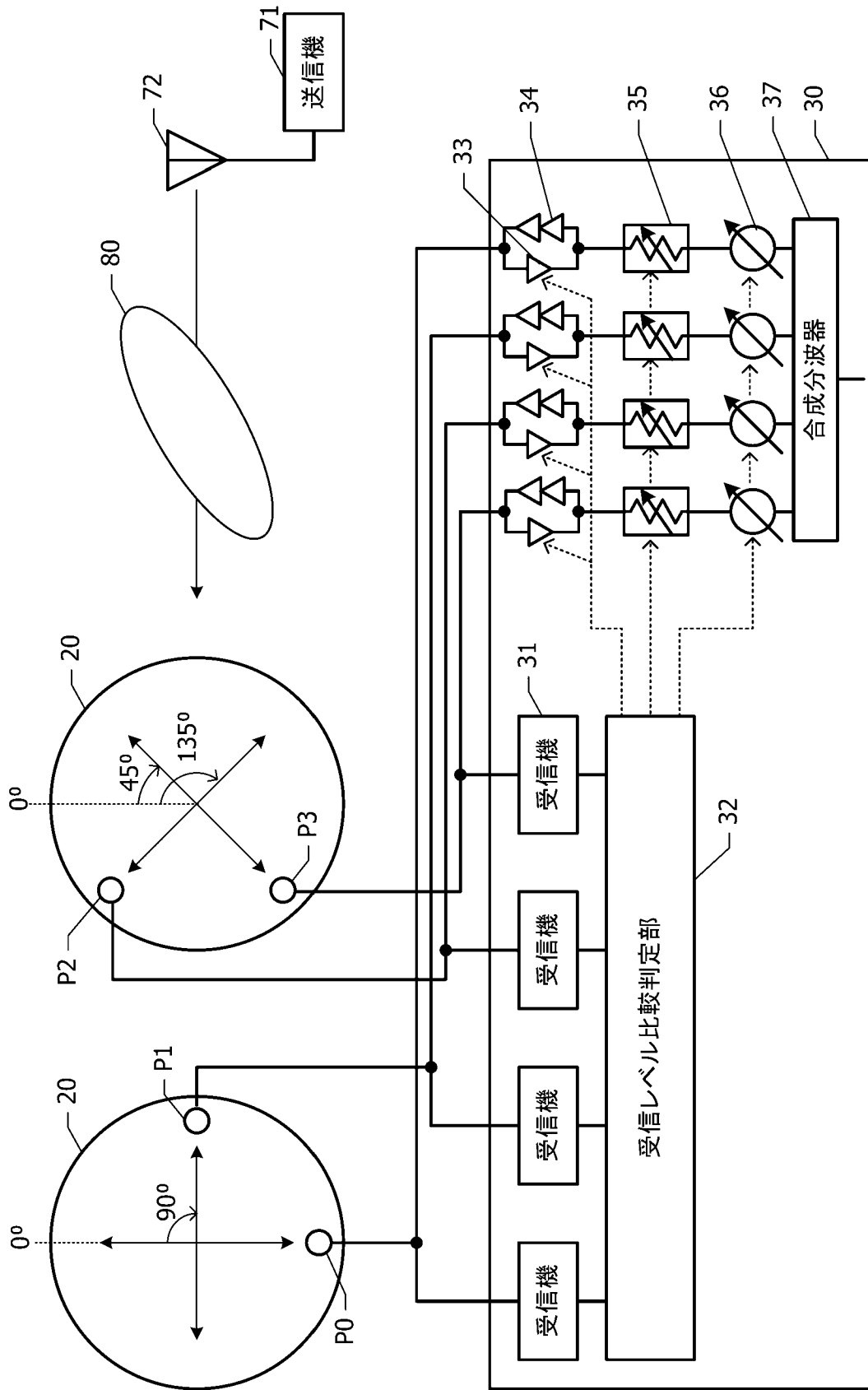
Fig.4

[図5]

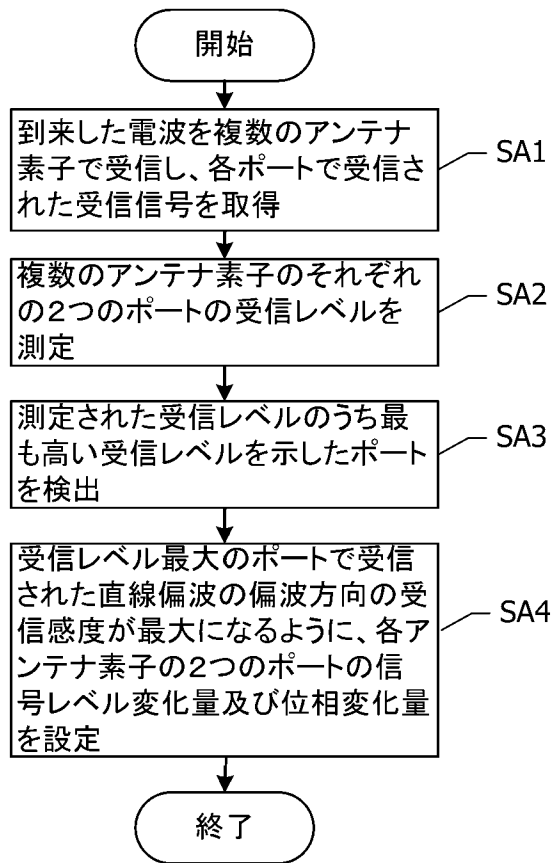
Fig.5

[図6]

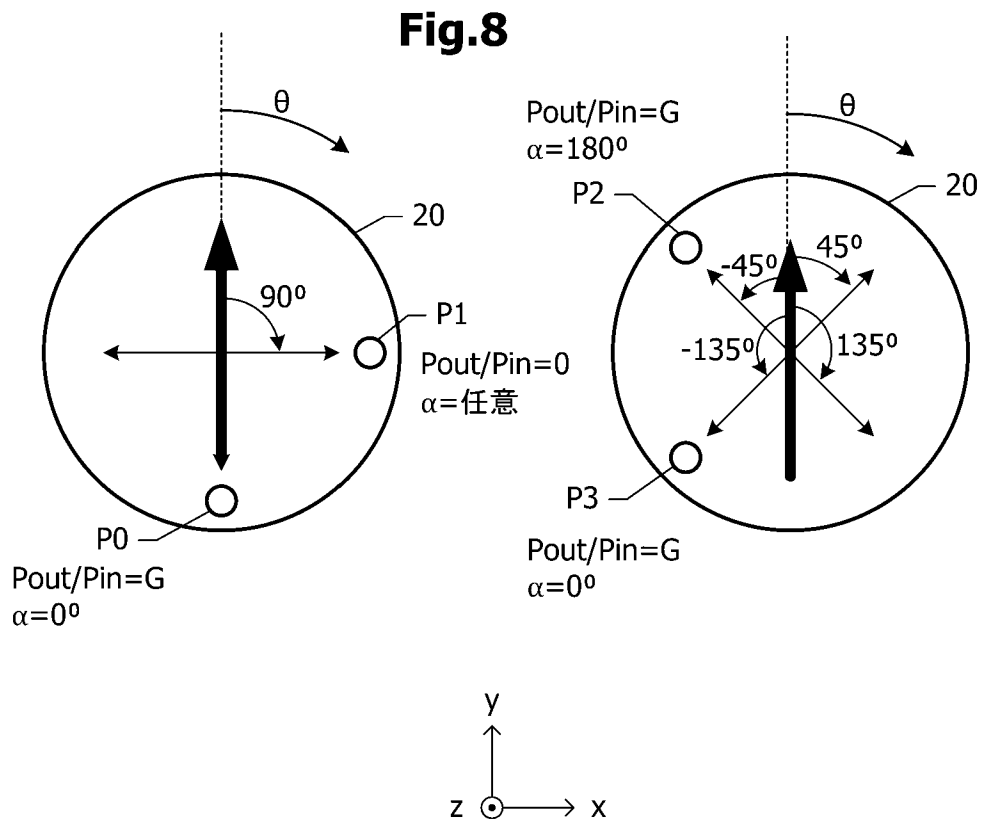
Fig.6



[図7]

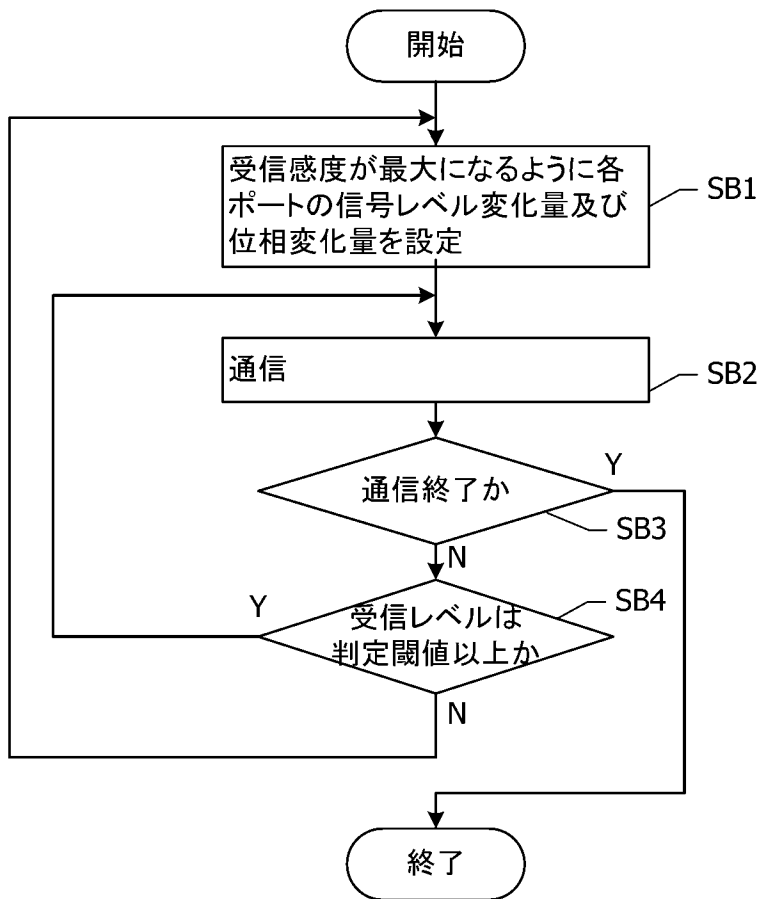
Fig.7

[図8]



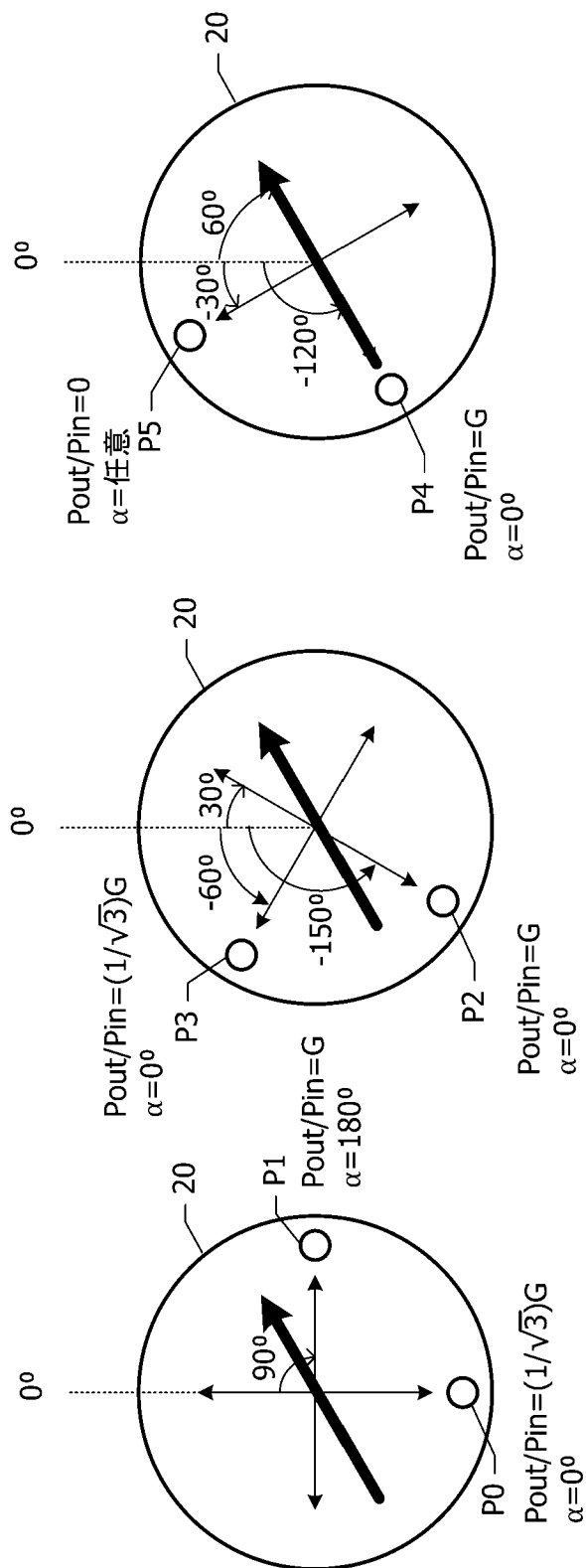
[図9]

Fig.9



[図10]

Fig.10



[図11]

Fig.11A

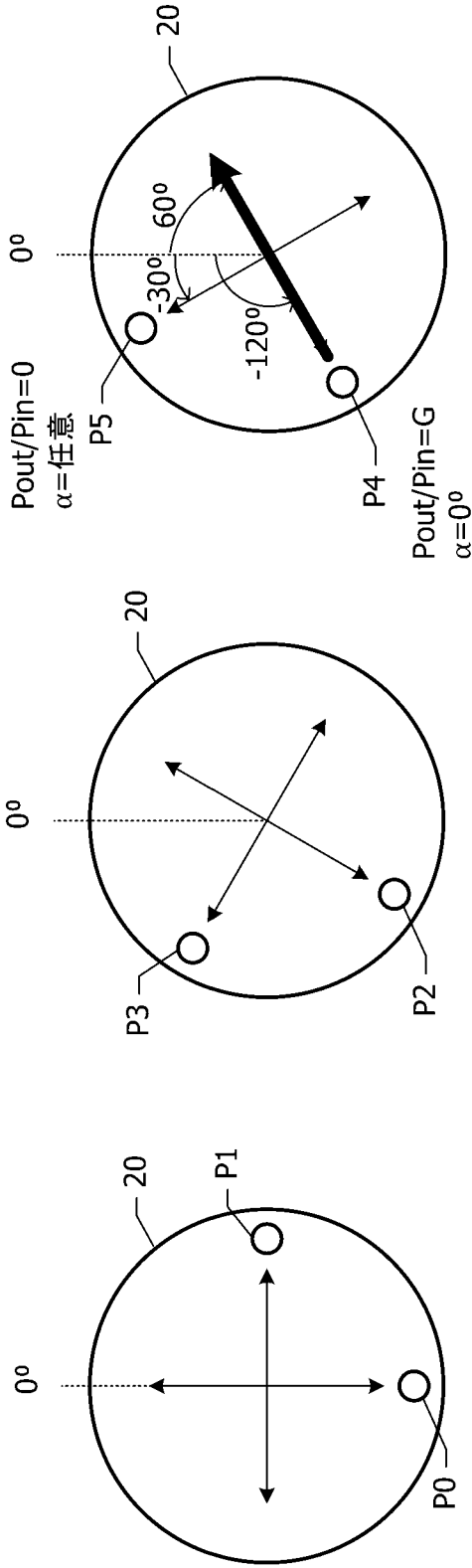


Fig.11B

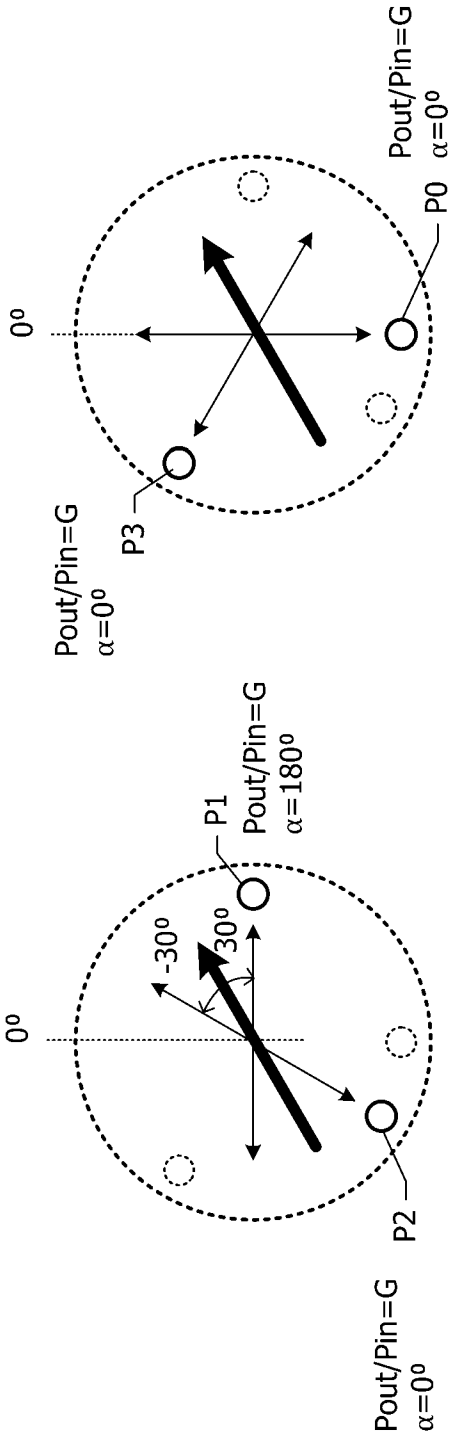
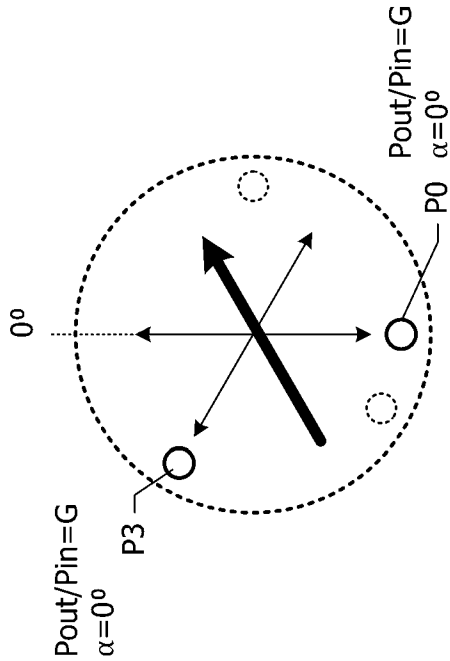
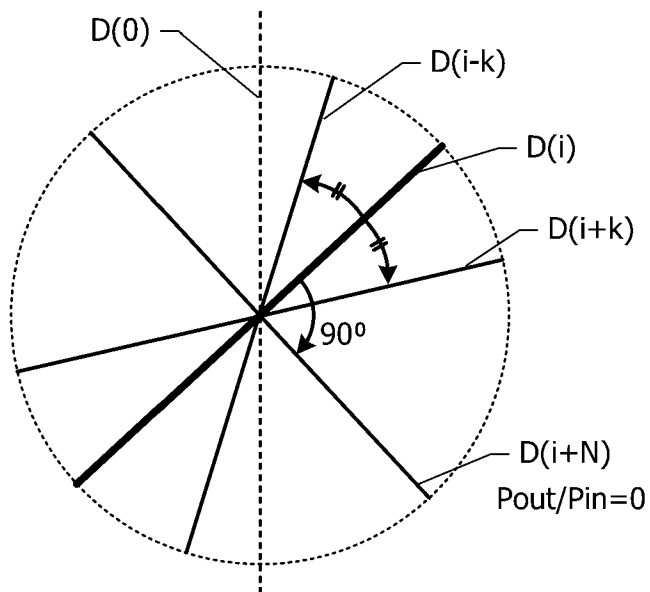


Fig.11C

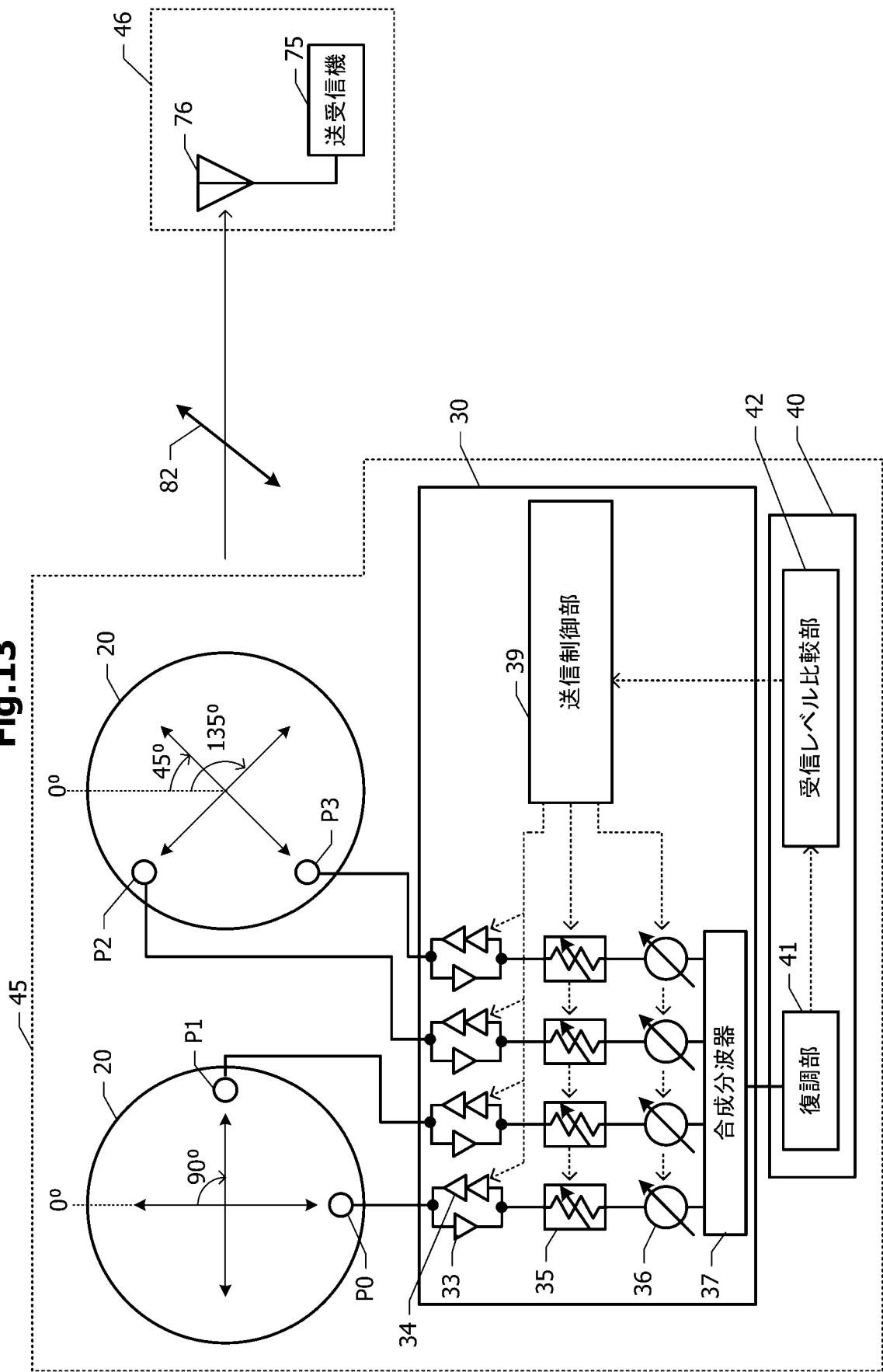


[図12]

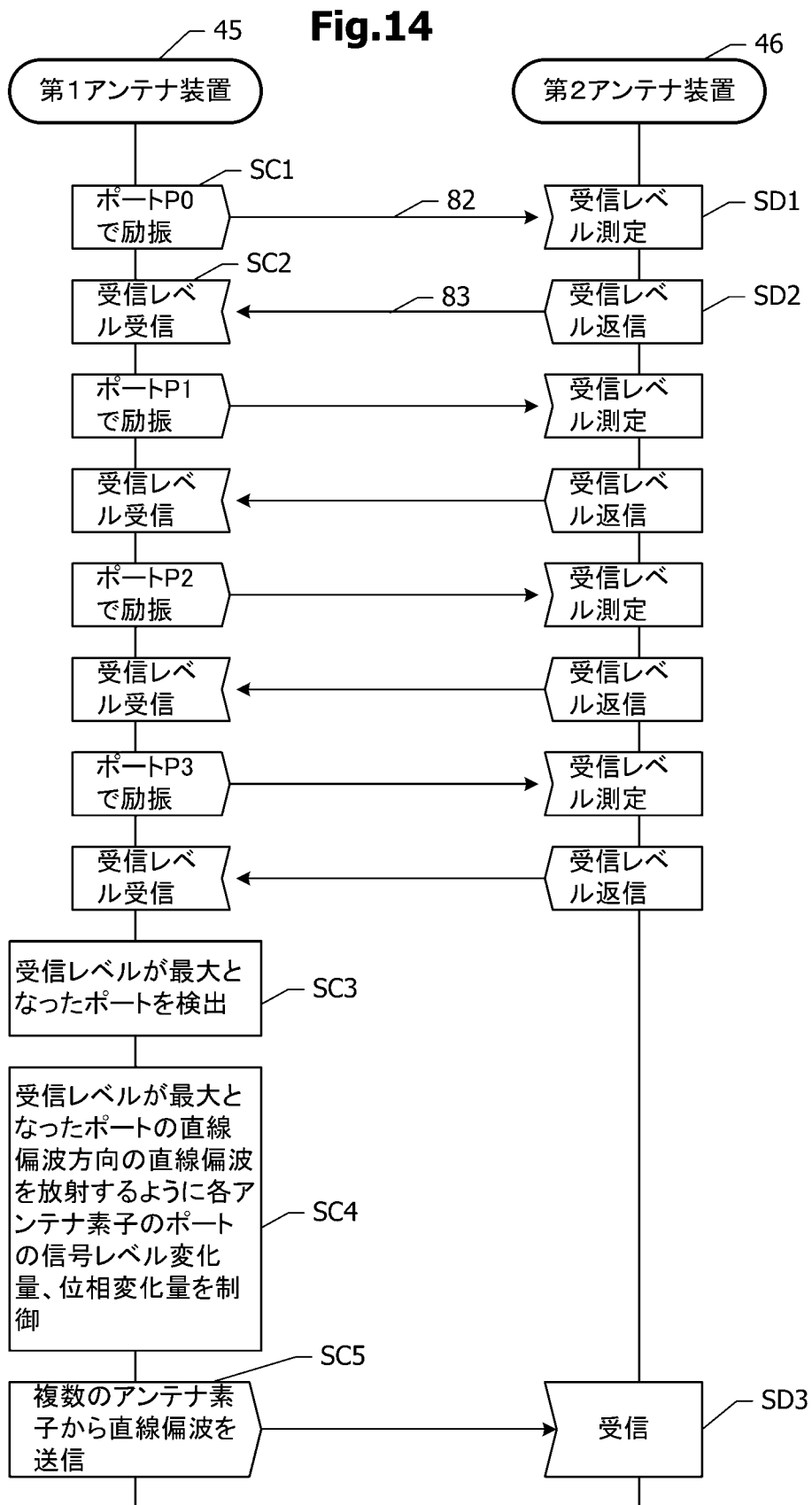
Fig.12

[図13]

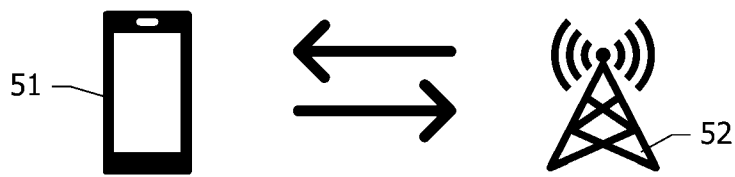
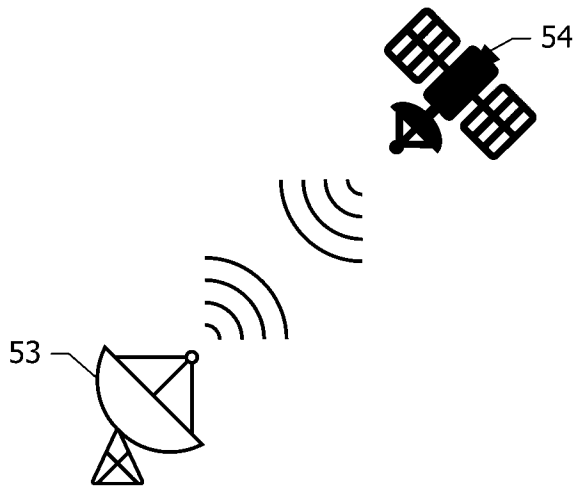
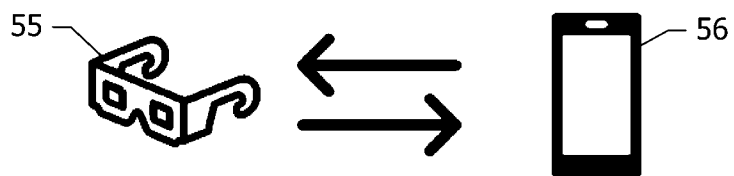
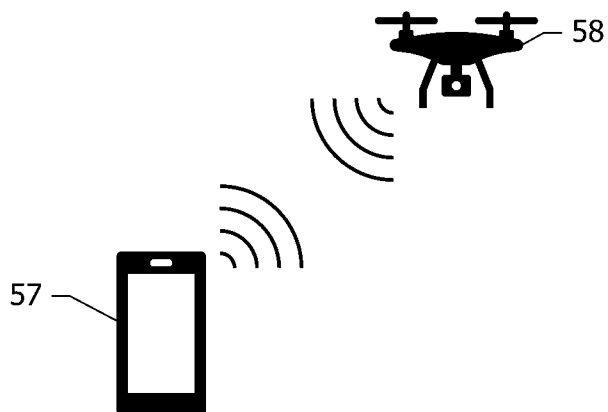
Fig.13



[図14]



[図16]

Fig.16A**Fig.16B****Fig.16C****Fig.16D**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/041397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01Q 21/24**(2006.01)i

FI: H01Q21/24

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)

H01Q21/24

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020/261806 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 30 December 2020 (2020-12-30)	1-2, 7, 11
A	paragraphs [0012], [0013], [0019], [0078]-[0082], fig. 1, 9	3-6, 8-10, 12-13
Y	JP 2020-507230 A (INTEL CORP.) 05 March 2020 (2020-03-05)	1-2, 7, 11
A	paragraphs [3227]-[3229], [3269], [3270], [3330], [3360]	3-6, 8-10, 12-13
Y	US 2016/0149315 A1 (INTEL CORP.) 26 May 2016 (2016-05-26)	1-2, 7, 11
A	paragraphs [0009], [0010], [0016]	3-6, 8-10, 12-13
Y	US 2013/0072125 A1 (BROADCOM CORP.) 21 March 2013 (2013-03-21)	1-2, 7, 11
A	paragraph [0064], fig. 7	3-6, 8-10, 12-13
A	JP 2020-155983 A (NEC CORP.) 24 September 2020 (2020-09-24)	1-13
	paragraphs [0015], [0028], fig. 1-6	



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

13 December 2022

Date of mailing of the international search report

27 December 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/041397

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/261806	A1	30 December 2020	US 2021/0135364 A1 paragraphs [0026], [0027], [0033], [0098]-[0103], fig. 1, 9 JP 6798656 B1 CN 112640209 A	
JP	2020-507230	A	05 March 2020	WO 2018/119153 A2 paragraphs [3227]-[3229], [3269], [3270], [3330], [3360] US 2020/0091608 A1 KR 10-2019-0089955 A CN 110447146 A	
US	2016/0149315	A1	26 May 2016	EP 3026755 A1 CN 105633597 A	
US	2013/0072125	A1	21 March 2013	(Family: none)	
JP	2020-155983	A	24 September 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01Q 21/24(2006.01)i FI: H01Q21/24		
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）） H01Q21/24		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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）		
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
Y A	WO 2020/261806 A1（株式会社村田製作所） 30.12.2020（2020-12-30） 段落[0012]-[0013], [0019], [0078]-[0082], 図1, 9	1-2, 7, 11 3-6, 8-10, 12-13
Y A	JP 2020-507230 A（インテル コーポレーション） 05.03.2020（2020-03-05） 段落[3227]-[3229], [3269]-[3270], [3330], [3360]	1-2, 7, 11 3-6, 8-10, 12-13
Y A	US 2016/0149315 A1（INTEL CORPORATION） 26.05.2016（2016-05-26） 段落[0009]-[0010], [0016]	1-2, 7, 11 3-6, 8-10, 12-13
Y A	US 2013/0072125 A1（BROADCOM CORPORATION） 21.03.2013（2013-03-21） 段落[0064], 図7	1-2, 7, 11 3-6, 8-10, 12-13
A	JP 2020-155983 A（日本電気株式会社） 24.09.2020（2020-09-24） 段落[0015], [0028], 図1-6	1-13
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 13.12.2022		国際調査報告の発送日 27.12.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 鈴木 肇 5K 9847 電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/041397

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/261806	A1	30.12.2020	US 2021/0135364 A1 段落[0026]-[0027], [0033], [0098]-[0103], 図 1, 9 JP 6798656 B1 CN 112640209 A	
JP	2020-507230	A	05.03.2020	WO 2018/119153 A2 段落[3227]-[3229], [3269]-[3270], [3330], [3360] US 2020/0091608 A1 KR 10-2019-0089955 A CN 110447146 A	
US	2016/0149315	A1	26.05.2016	EP 3026755 A1 CN 105633597 A	
US	2013/0072125	A1	21.03.2013	(ファミリーなし)	
JP	2020-155983	A	24.09.2020	(ファミリーなし)	