(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
2022年12月22日(22.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/264281 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 3/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/022733

(22) 国際出願日： 2021年6月15日(15.06.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

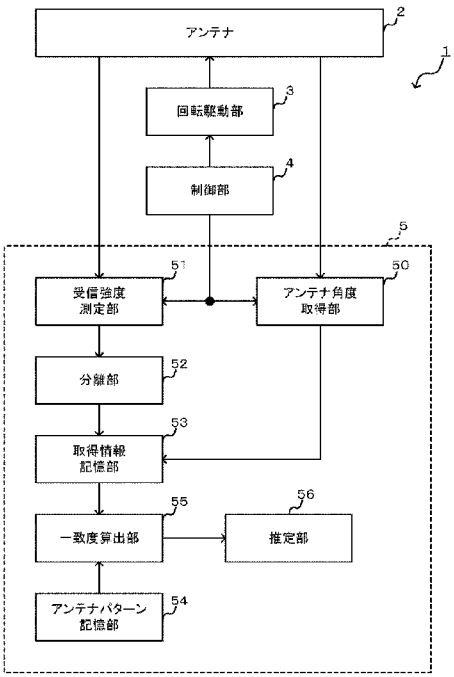
(72) 発明者: 吉岡 正文 (**YOSHIOKA, Masafumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 永瀬文昭 (**NAGASE, Fumiaki**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 栗山 圭太 (**KURIYAMA, Keita**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮城 利文 (**MIYAGI, Toshifumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人高田・高橋国際特許事務所 (**TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS**); 〒1040045 東京都中央区築地１丁目１２番２２号 コンワビル７階 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,

(54) **Title:** RADIO-WAVE-ARRIVAL-DIRECTION ESTIMATION DEVICE, RADIO-WAVE-ARRIVAL-DIRECTION ESTIMATION METHOD, AND RADIO-WAVE-ARRIVAL-DIRECTION ESTIMATION PROGRAM

(54) 発明の名称： 電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プログラム



2 Antenna
3 Rotation driving unit
4 Control unit
50 Antenna angle acquisition unit
51 Reception intensity measurement unit
52 Separation unit
53 Acquired information storage unit
54 Antenna pattern storage unit
55 Degree of coincidence calculation unit
56 Estimation unit

(57) **Abstract:** A radio-wave-arrival-direction estimation device according to an embodiment of the present invention comprises: an antenna angle acquisition unit for acquiring antenna angles representing the plurality of different directions that an antenna having an uneven antenna pattern is sequentially directed toward; a reception intensity measurement unit for measuring the reception intensities of radio wave reception by the antenna at each antenna angle acquired by the

WO 2022/264281 A1

［続葉有］

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, IT, 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, 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, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

antenna angle acquisition unit; a degree of coincidence calculation unit for calculating, for each antenna angle acquired by the antenna angle acquisition unit, the degree of coincidence between the antenna pattern of the antenna and the antenna angle acquired by the antenna angle acquisition unit as well as the reception intensity measured by the reception intensity measurement unit; and an estimation unit for estimating that the radio wave arrival direction is the antenna angle for which the degree of coincidence calculated by the degree of coincidence calculation unit is the greatest.

(57) 要約:一実施形態にかかる電波到来方向推定装置は、アンテナパターンが不均一であるアンテナが順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得部と、アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度それぞれにおいてアンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定部と、アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び受信強度測定部が測定した受信強度と、アンテナのアンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出部と、一致度算出部が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定部とを有する。

明　細　書

発明の名称 ：

電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プログラムに関する。

背景技術

[0002] 無線通信システムにおける電波の到来方向を推定する方法として、従来から多くの方法が提案されている。例えば、複数のアンテナ素子を備えたアレーアンテナを用いて得られる相関行列から電波の到来方向を推定する方法は公知である。

[0003] また、非特許文献１には、ＭＵＳＩＣアルゴリズム（MUltiple SIgnal Classification）を使用し、アレイ・アンテナを用いて電波の到来方向を推定する方法が開示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：Minseok Kim、「到来方向推定システムの基礎と実施例」、Design Wave Magazine、ＣＱ出版株式会社、2007年12月号、p.112-118

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、従来は、メインローブやＮＵＬＬ点を自由に設定可能なアレーアンテナを用いることが前提とされていた。また、ＶＨＦ帯（Very High Frequency band）などの低周波数帯を用いる無線通信システムでは、アンテナ素子のサイズが大きくなってしまい、複数のアンテナ素子を用いたアレーアンテナを用意することは大きな負担となり、設置も困難になることがあっ

た。

[0006] 本発明は、指向性の強いアレーアンテナが用いられなくても、電波の到来方向を推定することができる電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様にかかる電波到来方向推定装置は、アンテナパターンが不均一であるアンテナが順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得部と、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定部と、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記受信強度測定部が測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出部と、前記一致度算出部が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定部とを有することを特徴とする。

[0008] また、本発明の一態様にかかる電波到来方向推定方法は、アンテナパターンが不均一であるアンテナが順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得工程と、取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定工程と、取得したアンテナ角度、及び測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出工程と、算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定工程とを含むことを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、指向性の強いアレーアンテナが用いられなくても、電波の到来方向を推定することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]通信装置の構成例を示す図である。

[図2]（ａ）は、３つの異なるアンテナ角度でアンテナが受信した電波の受信強度を例示する図である。（ｂ）は、遅延波の成分及び雑音などを分離させた後の３つのアンテナ角度と電波強度を例示する図である。

[図3]（ａ）は、アンテナのアンテナパターンを例示する図である。（ｂ）は、推定部がアンテナパターンを用いて電波の到来方向を推定した結果を模式的に示す図である。

[図4]一実施形態にかかる電波到来方向推定装置の動作例を示すフローチャートである。

[図5]（ａ）は、アンテナパターン記憶部が記憶しているアンテナパターンのデータを例示する図である。（ｂ）は、アンテナが回転したときのアンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度と、受信強度測定部が測定した受信強度との対応を例示する図である。（ｃ）は、一致度算出部が一致度を算出するときに行う処理を例示する図である。（ｄ）は、推定部が電波の到来方向を推定した結果を例示する図である。

[図6]一実施形態にかかる電波到来方向推定装置のハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、図面を用いて一実施形態にかかる電波到来方向推定装置について説明する。図１は、通信装置１の構成例を示す図である。通信装置１は、アンテナ２、回転駆動部３、制御部４、及び一実施形態にかかる電波到来方向推定装置５を備え、受信局としての機能を有する。

[0012] アンテナ２は、例えば水平方向に回転自在に設けられており、ＶＨＦ帯などの低周波数帯の送信局から送信された電波（信号）を受信し、受信信号を電波到来方向推定装置５に対して出力する。アンテナ２のアンテナパターン（放射パターン）は、不均一になっている（図４参照）。なお、アンテナパターンが不均一であるとは、無指向性ではなく、弱い指向性があることを示すこととする。

[0013] 回転駆動部３は、制御部４の制御に応じてアンテナ２を例えば水平方向に

回転させるように駆動し、アンテナ２を順次に３６０度の全方向へ向ける。

[0014] 制御部４は、操作部（図示せず）に対する作業者の操作に応じて、回転駆動部３及び電波到来方向推定装置５を制御する。なお、アンテナ２は、回転駆動部３及び制御部４によらず、作業者の手によって任意の方向に向けられてもよい。

[0015] 電波到来方向推定装置５は、アンテナ角度取得部５０、受信強度測定部５１、分離部５２、取得情報記憶部５３、アンテナパターン記憶部５４、一致度算出部５５、及び推定部５６を有する。

[0016] アンテナ角度取得部５０は、回転駆動部３が回転させたアンテナ２が順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得し、受信強度測定部５１及び取得情報記憶部５３に対して出力する。アンテナ角度取得部５０は、アンテナ角度を示すデータをアンテナ２から受信してもよいし、制御部４から取得してもよい。また、アンテナ角度取得部５０は、作業者が操作部（図示せず）に対して入力するデータからアンテナ角度をそれぞれ取得してもよい。

[0017] 受信強度測定部５１は、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度それぞれにおいてアンテナ２が電波を受信した受信強度をそれぞれ対応づけて測定し、測定結果を分離部５２に対して出力する。

[0018] 例えば、受信強度測定部５１は、等間隔に離れた複数のアンテナ角度において受信強度を測定する。また、受信強度測定部５１は、受信強度を測定するアンテナ角度の全部又は一部を、設定可能なアンテナ角度の両端（最大角度と最小角度）と、残りの範囲の等間隔で離れたアンテナ角度に設定されて電波の受信強度を測定してもよい。また、受信強度測定部５１は、作業者が操作部（図示せず）に対して入力する受信強度の測定データから、アンテナ角度それぞれに対する受信強度をそれぞれ取得してもよい。

[0019] 分離部５２は、受信強度測定部５１が測定した受信強度から、例えば遅延波の成分及び雑音などを分離させ、所定の到来波又は遅延波の受信強度とアンテナ角度を対応付けたデータそれぞれを取得情報記憶部５３に対して出力

する。例えば、分離部５２は、送信局が送信する同期信号などの既知パターンと受信信号の相関により、干渉波や雑音を含まないように到来波及び遅延波を分離させる。

[0020] 図２は、分離部５２が遅延波の成分及び雑音などを分離させて取得情報記憶部５３へ出力するデータを例示する図である。図２（ａ）は、３つの異なるアンテナ角度でアンテナ２が受信した電波の受信強度（縦軸）を例示する図である。図２（ｂ）は、遅延波の成分及び雑音などを分離させた後の３つのアンテナ角度と電波強度を例示する図である。

[0021] 送信局が送信し、マルチパスを介して伝搬される電波は、受信局では、到来波及び遅延波がある方向からある強度で到来しているように測定される。このとき、到来波及び遅延波が到来する方向は、一定（真値・一定値）である。

[0022] 電波を受信するアンテナに指向性がある場合には、受信強度は、そのアンテナが向けられている角度における特性（指向性）により、測定値が大きくなったり小さくなったりする。つまり、受信強度は、アンテナの向けられている方向によって異なるように歪んでおり、均一ではない。

[0023] そこで、電波到来方向推定装置５は、アンテナ２の指向性（歪みの特性：アンテナパターン）を後述するアンテナパターン記憶部５４が記憶しているので、当該アンテナパターンを用いて到来方向（真値）を推定する。

[0024] 図２（ａ）に示すように、例えば３つの異なるアンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃにおいて、アンテナ２は、それぞれ異なる受信強度の到来波及び遅延波を受信する。

[0025] そして、分離部５２は、送信局からアンテナ２までの伝搬時間などに基づいて、アンテナ２のアンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃそれぞれで受信した同一伝搬時間の到来波又は遅延波（若しくは第２遅延波以降の遅延波）ごとに分離する（図２（ａ））。

[0026] また、図２（ｂ）に示すように分離部５２は、アンテナ２の回転によるアンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃにおける同一伝搬時間の到来波（又は同一伝搬時間の

遅延波）ごとに分離した受信強度を取得情報記憶部５３に対して出力する。つまり、分離部５２が取得情報記憶部５３に対して出力するデータは、アンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃの値と、アンテナ角度それぞれの受信強度との組み合わせであるため、図２（ｂ）に示した３つのベクトルに相当する。

[0027] ただし、分離部５２が取得情報記憶部５３に対して出力するデータは、送信局からアンテナ２までの距離が遠い場合には、いずれのアンテナ角度であっても受信強度が小さくなってしまう。そのため、後述する一致度算出部５５は、アンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃの値と、アンテナ角度それぞれの受信強度との組み合わせを、全体的に原点を基準として拡大又は縮小させて、アンテナパターンとの対比を容易にする。つまり、原点を基準に拡大又は縮小させた後の同一伝搬時間のアンテナ角度それぞれの受信強度の組合せを、原点を基準に回転させることによって、電波の真の到来方向を推定することが可能となる。

[0028] 分離部５２は、アンテナ角度それぞれに対して、同一伝搬時間の到来波ごとに分離してもよいし、同一伝搬時間の遅延波ごとに分離してもよい。例えば、分離部５２は、最初の到来波を分離することが容易でない場合には、同一伝搬時間の遅延波ごとに分離したデータを取得情報記憶部５３に対して出力する。すなわち、電波到来方向推定装置５は、同一伝搬時間の到来波、又は同一伝搬時間の遅延波ごとに、受信強度の測定時刻における電波の到来方向をそれぞれ推定可能である。

[0029] 取得情報記憶部５３（図１）は、例えばアンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度を示すデータ、及び分離部５２が分離させた所定の到来波の受信強度とアンテナ角度を対応付けたデータそれぞれを記憶し、一致度算出部５５からのアクセスに応じて出力する。

[0030] アンテナパターン記憶部５４は、アンテナ２のアンテナパターンを示すデータ（アンテナ角度それぞれの利得）を記憶しており、一致度算出部５５からのアクセスに応じて出力する。

[0031] 一致度算出部５５は、取得情報記憶部５３が記憶しているデータと、アン

テナパターン記憶部５４が記憶しているデータとをそれぞれ読出して取得し、マッチング（一致度の比較）を図る。

[0032] 例えば、一致度算出部５５は、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度、及び受信強度測定部５１が測定した受信強度と、アンテナ２のアンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度ごとに算出し、推定部５６に対して出力する。

[0033] より具体的には、一致度算出部５５は、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度、及び分離部５２が遅延波の成分及び雑音を分離させた後の受信強度と、アンテナ２のアンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度ごとに算出し、推定部５６に対して出力する。

[0034] また、一致度算出部５５は、伝送距離などによる受信電力の強弱を調整するために、任意のアンテナ角度の受信強度、受信電力の平均値に近いアンテナ角度の受信強度、受信電力が最大のアンテナ角度の受信強度等、又は所定のアンテナ角度の受信強度などを基準にして、他のアンテナ角度における受信強度を補正してもよい。また、一致度算出部５５は、アンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃの値と、アンテナ角度それぞれの受信強度との組み合わせを、全体的に原点を基準として拡大又は縮小させて、アンテナパターンとの照合を行ってもよい。

[0035] このように、一致度算出部５５は、同一伝搬時間のアンテナ角度それぞれの到来波（又は遅延波）の受信強度と、アンテナパターンとを照合して一致度を算出する。例えば、一致度算出部５５は、全体的に原点を基準として拡大又は縮小させたアンテナ角度それぞれの受信強度の組み合わせを、原点を基準として回転させて、アンテナパターンとの一致度を各方向に対して算出する。

[0036] このとき、一致度算出部５５は、同一伝搬時間に測定された受信強度の全てのデータを用いなくてもよい。例えば、一致度算出部５５は、図５を用いて後述する電波到来方向推定装置５の具体的な動作例のように、アンテナパ

ターンとの差が大きな受信強度のデータを除外対象として用いずに、アンテナパターンとの一致度を算出する。

[0037] ただし、送信局からアンテナ２までの距離が長い場合には、アンテナ角度それぞれにおける受信強度が小さくなるため、アンテナパターンと照合して一致度を算出するときに、精度が低下することが考えられる。

[0038] そのため、一致度算出部５５は、まずアンテナ角度それぞれの受信強度の組み合わせを、全体的に原点を基準として拡大（又は縮小）させて、照合対象となるアンテナ角度それぞれにおける受信強度の大きさをアンテナパターンの大きさに近づける処理を行う。このとき、一致度算出部５５は、図５を用いて後述するように、ずれが大きな異常値と推定されるデータを除外する。

[0039] そして、一致度算出部５５は、大きさを近づけた照合対象を、原点を基準として回転させて、アンテナパターンとの一致度を各方向に対して算出することにより、一致度の算出精度を向上させる。

[0040] なお、一致度算出部５５は、到来波の角度及び受信強度と、アンテナパターンとの一致度の比較方法として、利得の差の絶対値の総和が最小になる組合せを選択してもよいし、絶対値の２乗の総和が最小になる組合せなどを選択してもよい。

[0041] 推定部５６は、一致度算出部５５が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を、通信装置１に対する電波の到来方向であると推定する。ここで、一致度が最大とは、例えば、アンテナ角度及び受信強度と、アンテナパターンとの差が最小になる組合せとする。

[0042] 図３は、推定部５６が推定する電波の到来方向を例示する図である。図３（ａ）は、アンテナ２のアンテナパターンを例示する図である。図３（ｂ）は、推定部５６がアンテナパターンを用いて電波の到来方向を推定した結果を模式的に示す図である。

[0043] 推定部５６は、例えば一致度算出部５５がアンテナパターンの大きさに近づけるように拡大（又は縮小）させて算出したアンテナ角度それぞれの受信

強度（図２（ｂ）参照）を、原点を基準として回転させて、アンテナパターン（図３（ａ））に対する一致度が最大であるアンテナ角度（図３（ｂ））を、通信装置１に対する電波の到来方向であると推定する。

[0044] 図４は、一実施形態にかかる電波到来方向推定装置５の動作例を示すフローチャートである。図４に示すように、電波到来方向推定装置５は、回転するアンテナ２を介して、送信局が送信した信号を受信し（Ｓ１００）、複数のアンテナ角度に対する受信強度として到来波を取得する（Ｓ１０２）。

[0045] 次に、電波到来方向推定装置５は、アンテナ角度それぞれにおける到来順が同じになる到来波を選択（抽出）し（Ｓ１０４）、アンテナ角度及び受信強度と、アンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度ごとに算出する（Ｓ１０６）。

[0046] そして、電波到来方向推定装置５は、一致度が最大であるアンテナ角度を、通信装置１に対する電波の到来方向であると推定する（Ｓ１０８）。つまり、電波到来方向推定装置５は、アンテナパターンと実際に測定したアンテナ角度とを合わせて、電波の到来方向を推定する。

[0047] 次に、電波到来方向推定装置５が電波の到来方向を推定する場合の具体的な動作例について説明する。図５は、電波到来方向推定装置５が電波の到来方法を推定する場合の具体的な動作例を示す図である。ここでは、１波のみが到来していることとする。

[0048] 図５（ａ）は、アンテナパターン記憶部５４（図１）が記憶しているアンテナパターンのデータを例示する図である。図５（ｂ）は、アンテナ２が回転したときのアンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度と、受信強度測定部５１が測定した受信強度との対応を例示する図である。図５（ｃ）は、一致度算出部５５が一致度を算出するときに行う処理を例示する図である。図５（ｄ）は、推定部５６が電波の到来方向を推定した結果を例示する図である。

[0049] 図５（ａ）に示したように、アンテナパターン記憶部５４は、例えば－１７９度～＋１８０度の範囲で複数の角度（方向）と利得との組合せによって

示されるアンテナパターンを示すデータを記憶している。

[0050] 一致度算出部５５は、アンテナパターン記憶部５４が記憶しているデータから、例えば測定角度の組合せ（例えば、角度Ｅを中心に、角度Ｄと角度Ｅの差、及び角度Ｅと角度Ｆの差の３ポイント）を抜き出す。

[0051] 例として、一致度算出部５５は、例えば以下の３ポイントを組みとして、アンテナパターン記憶部５４から複数の組（例１、例２など）を取得する。

[0052] （例１）

－４５度、－５ｄＢ

０度、０ｄＢ

＋４５度、－５ｄＢ

（例２）

０度、０ｄＢ

＋４５度、－５ｄＢ

＋９０度、－２０ｄＢ

[0053] また、一致度算出部５５は、図５（ｂ）に示したような測定されたデータを取得情報記憶部５３から取得する。また、一致度算出部５５は、図５（ｃ）に例示したように、測定された各アンテナ角のデータに対し、以下のように最大値に対する相対電力と反転角度（±の入れ替え）を算出する。

[0054] ・角度Ｄ → ０度、－５ｄＢ

・角度Ｅ → －４５度、０ｄＢ

・角度Ｆ → －９０度、－６ｄＢ

[0055] 次に、一致度算出部５５は、アンテナ角度の小さい方から順に、（アンテナパターンｄＢ）－（測定結果ｄＢ）を算出し、±の差分が大きいデータを測定できなかったものとして除外対象とする。このとき、一致度算出部５５は、送信局からの距離などによって生じる受信電力の減衰の影響を補うように、アンテナ角度ごとの受信強度を、原点を基準として拡大（又は縮小）させて、アンテナパターンからずれていると推定されるデータを除外対象とする。

[0056] （例１）

－４５度→（－５ｄＢ）－（－６ｄＢ）＝１ｄＢ　・・・（除外対象）

０度→　（０ｄＢ）－（０ｄＢ）＝０ｄＢ

＋４５度→（－５ｄＢ）－（－５ｄＢ）＝０ｄＢ

（例２）

０度→（０ｄＢ）－（－６ｄＢ）＝６ｄＢ

＋４５度→（－５ｄＢ）－（０ｄＢ）＝－５ｄＢ

＋９０度→（－２０ｄＢ）－（－５ｄＢ）＝－１５ｄＢ　・・・（除外対象）

[0057] 一致度算出部５５は、除外対象としたデータ以外の結果を用いて、アンテナパターンに対する差分を算出し記憶する。

[0058] （例１）

０度→（０ｄＢ）－（０ｄＢ）＝０ｄＢ

＋４５度→（－５ｄＢ）－（－５ｄＢ）＝０ｄＢ

差分合計値→｜０ｄＢ｜＋｜０ｄＢ｜＝０ｄＢ

（例２）

０度→（０ｄＢ）－（－６ｄＢ）＝６ｄＢ

＋４５度→（－５ｄＢ）－（０ｄＢ）＝－５ｄＢ

差分合計値→｜６ｄＢ｜＋｜－５ｄＢ｜＝１１ｄＢ

[0059] そして、推定部５６は、一致度算出部５５が記憶している各データを取得し、アンテナ角度及び受信強度と、アンテナパターンとの差が最小（一致度が最大）になる組合せを選択する。ここでは、例１の組合せが選択される。

[0060] つまり、推定部５６は、複数のアンテナ角度で測定された到来波に対し、アンテナ角度それぞれの受信強度と、アンテナパターン（アンテナの角度と利得）とのマッチング（一致度の比較）を行うことにより、各到来波の到来方向を推定する（図５（ｄ））。

[0061] このように、電波到来方向推定装置５は、一致度算出部５５が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定するので、指向性の

強いアレーアンテナが用いられなくても、電波の到来方向を推定することができる。すなわち、電波到来方向推定装置５は、電波の到来方向を推定するための指向性の強いアレーアンテナなどを準備されなくても、ＶＨＦ帯等の比較的低周波の電波に対しても、容易かつ低コストに到来方向を推定することができる。

[0062] なお、電波到来方向推定装置５は、受信した信号から自信号を取り出すために、送信局が信号の送信を止めた状態と、信号を送信した状態との差（Ｃ／Ｎ）を、受信強度の代わりに用いてもよい。

[0063] また、電波到来方向推定装置５が有する各機能は、それぞれ一部又は全部がＰＬＤ（Programmable Logic Device）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアによって構成されてもよいし、ＣＰＵ等のプロセッサが実行するプログラムとして構成されてもよい。

[0064] 例えば、本発明にかかる電波到来方向推定装置５は、コンピュータとプログラムを用いて実現することができ、プログラムを記憶媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0065] 図６は、一実施形態にかかる電波到来方向推定装置５のハードウェア構成例を示す図である。図６に示すように、例えば電波到来方向推定装置５は、入力部６０、出力部６１、通信部６２、ＣＰＵ６３、メモリ６４及びＨＤＤ６５がバス６６を介して接続され、コンピュータとしての機能を備える。また、電波到来方向推定装置５は、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体６７との間でデータを入出力することができるようにされている。

[0066] 入力部６０は、例えばキーボード及びマウス等である。出力部６１は、例えばディスプレイなどの表示装置である。通信部６２は、例えば有線又は無線のネットワークインターフェースなどである。

[0067] ＣＰＵ６３は、電波到来方向推定装置５を構成する各部を制御し、所定の処理等を行う。メモリ６４及びＨＤＤ６５は、データ等を記憶する上述の取得情報記憶部５３及びアンテナパターン記憶部５４に対応する。記憶媒体６７は、電波到来方向推定装置５が有する機能を実行させるプログラム等を記

憶可能にされている。なお、電波到来方向推定装置５を構成するアーキテクチャは図６に示した例に限定されない。

符号の説明

[0068] １・・・通信装置、２・・・アンテナ、３・・・回転駆動部、４・・・制御部、５・・・電波到来方向推定装置、５０・・・アンテナ角度取得部、５１・・・受信強度測定部、５２・・・分離部、５３・・・取得情報記憶部、５４・・・アンテナパターン記憶部、５５・・・一致度算出部、５６・・・推定部、６０・・・入力部、６１・・・出力部、６２・・・通信部、６３・・・ＣＰＵ、６４・・・メモリ、６５・・・ＨＤＤ、６６・・・バス、６７・・・記憶媒体

請求の範囲

[請求項1] アンテナパターンが不均一であるアンテナが順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得部と、

前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定部と、

前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記受信強度測定部が測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出部と、

前記一致度算出部が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定部と

を有することを特徴とする電波到来方向推定装置。

[請求項2] 前記受信強度測定部が測定した受信強度から到来波又は遅延波の成分を分離させる分離部をさらに有し、

前記一致度算出部は、

前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記分離部が分離させた到来波又は遅延波の受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出すること

を特徴とする請求項１に記載の電波到来方向推定装置。

[請求項3] 前記分離部は、

送信局が送信した既知パターンとの相関により、送信局からの伝搬時間が同一である到来波又は遅延波ごとに分離させること

を特徴とする請求項２に記載の電波到来方向推定装置。

[請求項4] アンテナパターンが不均一であるアンテナが順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取

得工程と、

取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定工程と、

取得したアンテナ角度、及び測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出工程と、

算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定工程と

を含むことを特徴とする電波到来方向推定方法。

[請求項5] 測定した受信強度から到来波又は遅延波の成分を分離させる分離工程をさらに含み、

前記一致度算出工程では、

取得したアンテナ角度、及び分離させた到来波又は遅延波の受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出すること

を特徴とする請求項４に記載の電波到来方向推定方法。

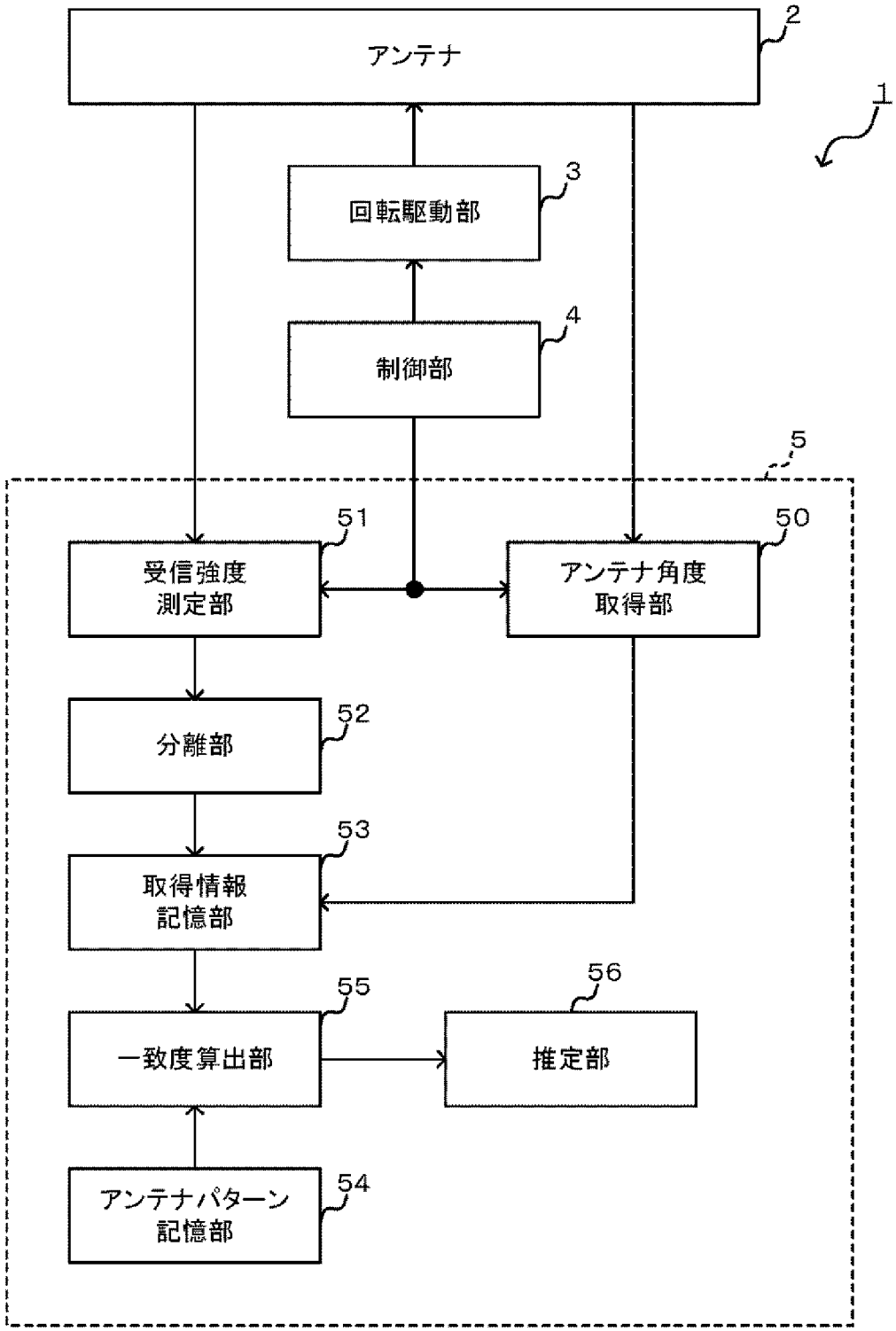
[請求項6] 前記分離工程では、

送信局が送信した既知パターンとの相関により、送信局からの伝搬時間が同一である到来波又は遅延波ごとに分離させること

を特徴とする請求項５に記載の電波到来方向推定方法。

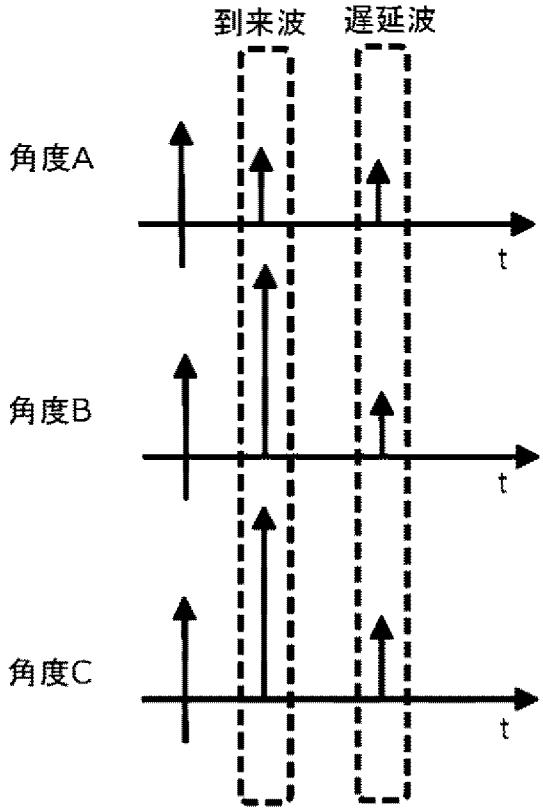
[請求項7] 請求項１～３のいずれか１項に記載の電波到来方向推定装置の各部としてコンピュータを機能させるための電波到来方向推定プログラム。

[図1]

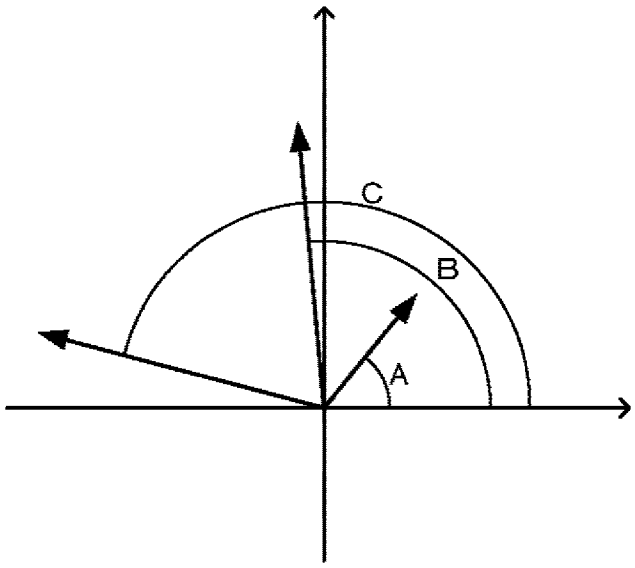

アンテナ
2
1
回転駆動部
3
制御部
4
5
受信強度
測定部
51
アンテナ角度
取得部
50
分離部
52
取得情報
記憶部
53
一致度算出部
55
推定部
56
アンテナパターン
記憶部
54

[図2]

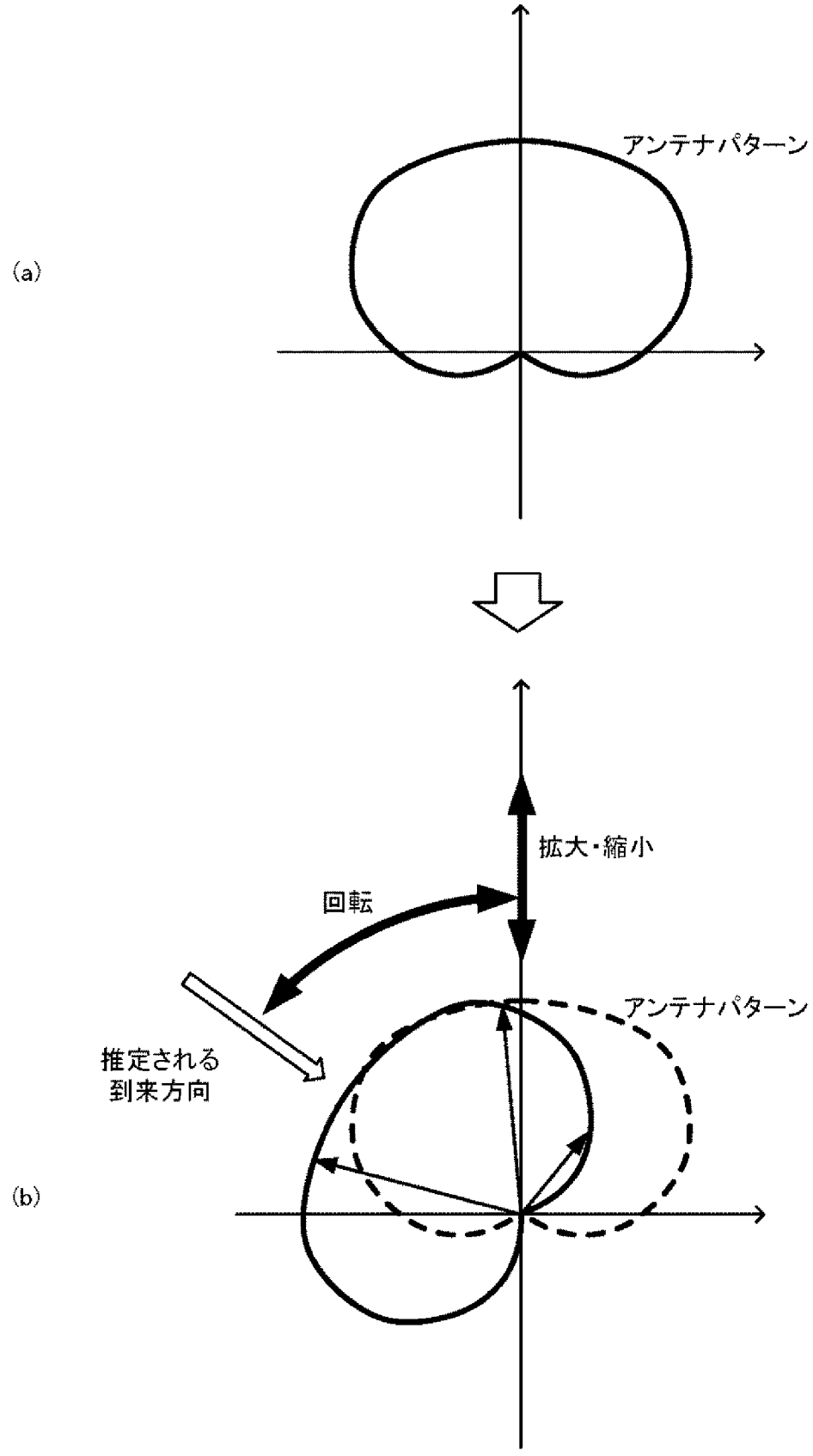
(a)



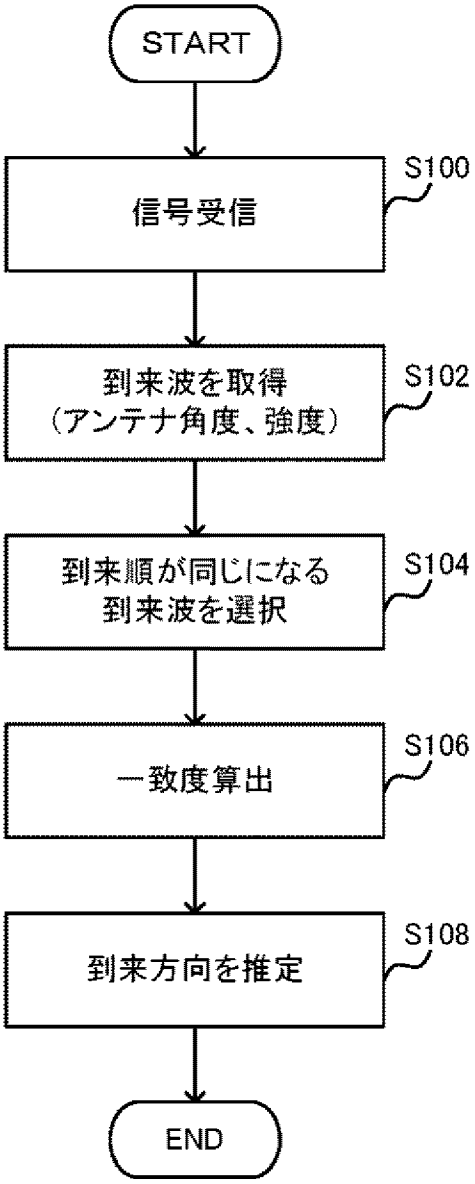
(b)



[図3]

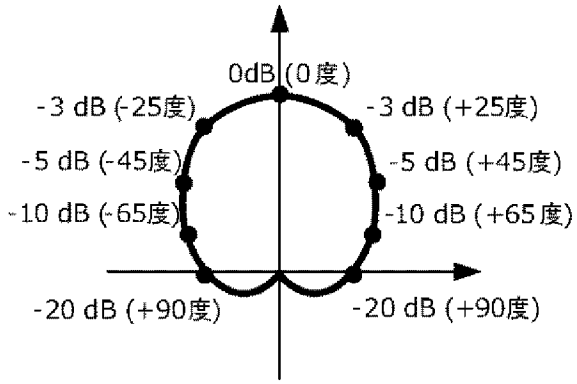


[図4]

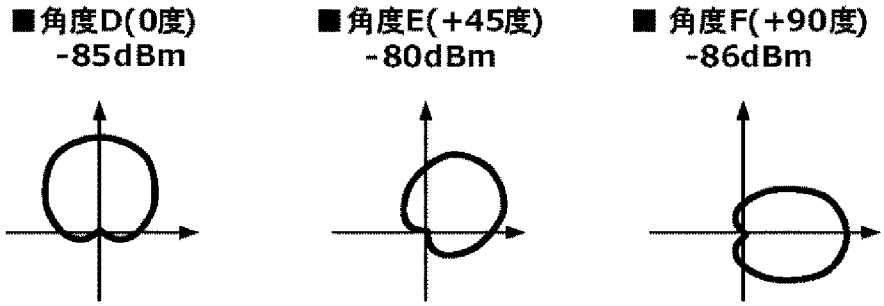

START
信号受信
S100
到来波を取得
（アンテナ角度、強度）
S102
到来順が同じになる
到来波を選択
S104
一致度算出
S106
到来方向を推定
S108
END

[図5]

(a)



(b)

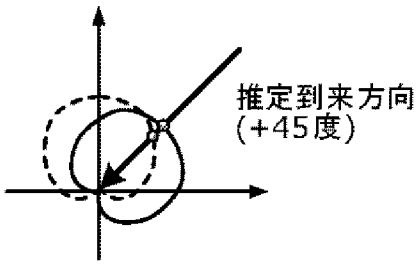


(c)

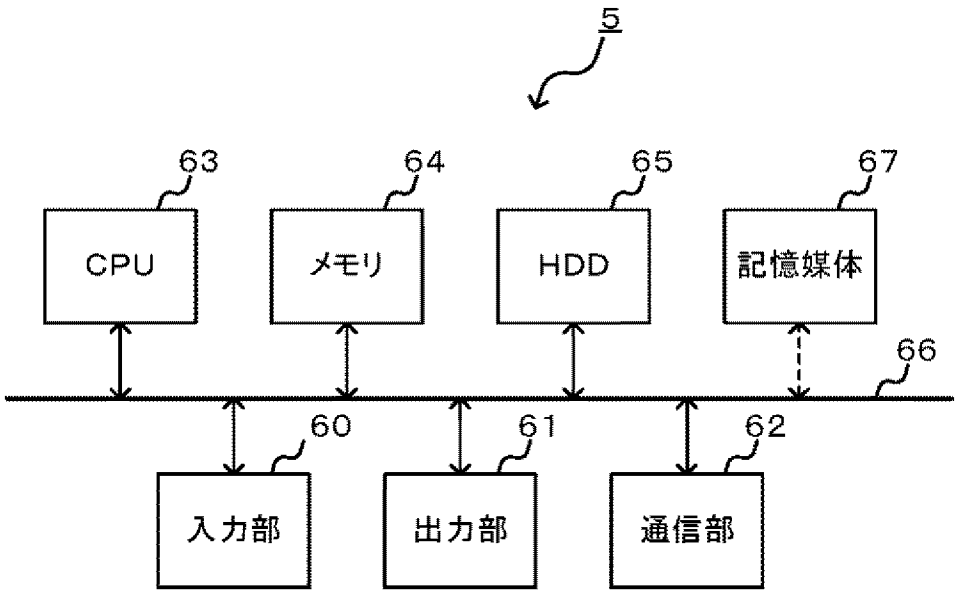
最大値からの相対電力と反転角度(±の入れ替え)を算出

・角度D → **0度、-5 dB**
・角度E → **-45度、0 dB**
・角度F → **-90度、-6dB**

(d)



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/022733

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01S 3/20(2006.01)i
FI: G01S3/20

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)
G01S3/00-3/74

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
X Y	JP 2014-235044 A (NTT DOCOMO INC) 15 December 2014 (2014-12-15) paragraphs [0039]-[0050], [0063]-[0070], [0080], [0099]-[0105], fig. 2-8, 13-16	1, 4, 7 2-3, 5-7
Y	JP 1-292277 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 24 November 1989 (1989-11-24) page 2, upper left column, line 17 to page 3, upper left column, line 20, fig. 2-3, 6	2-3, 5-7
A	WO 2021/001934 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 07 January 2021 (2021-01-07) paragraphs [0049]-[0064], fig. 7-10	1-7
A	JP 2004-144543 A (OMRON CORP) 20 May 2004 (2004-05-20) paragraphs [0032], [0046]	1-7

☐ 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	Date of mailing of the international search report
06 July 2021 (06.07.2021)	13 July 2021 (13.07.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/022733

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2014-235044 A	15 Dec. 2014	(Family: none)	
JP 1-292277 A	24 Nov. 1989	(Family: none)	
WO 2021/001934 A1	07 Jan. 2021	(Family: none)	
JP 2004-144543 A	20 May 2004	US 2004/0125009 A1 paragraphs [0044], [0058] CN 1497262 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/022733

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01S 3/20(2006.01)i
FI: G01S3/20

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））

G01S3/00-3/74

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
X	JP 2014-235044 A (株式会社ＮＴＴドコモ) 15.12.2014 (2014-12-15) 段落0039-0050, 0063-0070, 0080, 0099-0105, 図2-8, 13-16	1, 4, 7
Y		2-3, 5-7
Y	JP 1-292277 A (日本電信電話株式会社) 24.11.1989 (1989-11-24) 第2頁左上欄第17行目-第3頁左上欄第20行目, 第2-3, 6図	2-3, 5-7
A	WO 2021/001934 A1 (三菱電機株式会社) 07.01.2021 (2021-01-07) 段落0049-0064, 図7-10	1-7
A	JP 2004-144543 A (オムロン株式会社) 20.05.2004 (2004-05-20) 段落0032, 0046	1-7

☐ 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	国際調査報告の発送日
06.07.2021	13.07.2021

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）
山下　雅人 2S 9303
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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/JP2021/022733

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-235044 A	15.12.2014	（ファミリーなし）	
JP 1-292277 A	24.11.1989	（ファミリーなし）	
WO 2021/001934 A1	07.01.2021	（ファミリーなし）	
JP 2004-144543 A	20.05.2004	US 2004/0125009 A1 段落0044，0058 CN 1497262 A	