(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
2021年2月11日(11.02.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/024473 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 7/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/031448

(22) 国際出願日： 2019年8月8日(08.08.2019)

(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: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

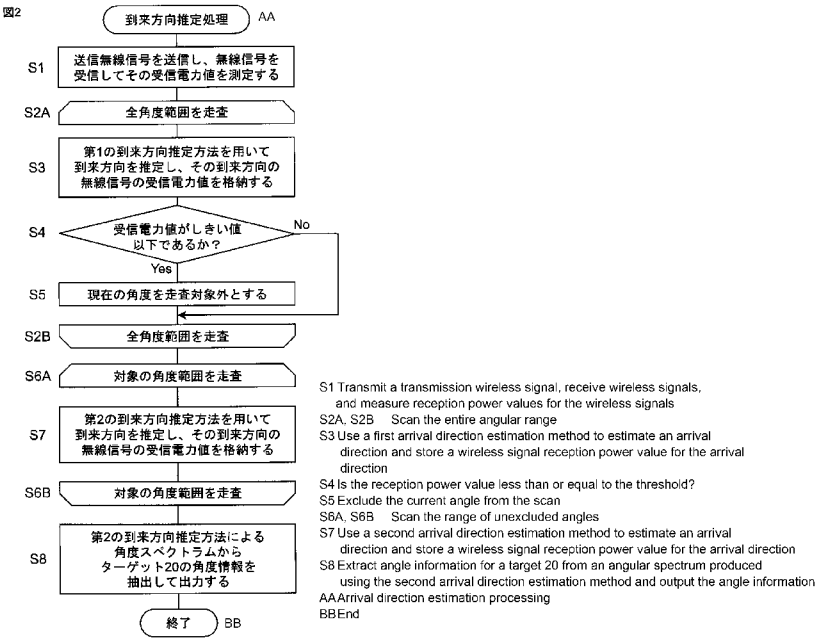
(72) 発明者: 上野 大(**UENO, Dai**); 〒1080075 東京都港区港南二丁目３番１３号 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP). 杉井 祐太(**SUGII, Yuta**); 〒1080075 東京都港区港南二丁目３番１３号 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山尾 憲人, 外 (**YAMAO, Norihito** et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町８番１号梅田阪急ビルオフィスタワー 青山特許事務所 Osaka (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,

(54) **Title:** ARRIVAL DIRECTION ESTIMATION DEVICE AND METHOD

(54) 発明の名称： 到来方向推定装置及び方法



(57) **Abstract:** Disclosed is an arrival direction estimation device comprising a control unit for estimating the arrival directions of wireless signals by reception direction scanning and receiving the wireless signals. The control unit estimates the arrival directions of received wireless signals using a first arrival direction estimation method, excludes a wireless signal having an arrival direction with a reception power value from among estimated wireless signal reception power values that is less than or equal to a prescribed threshold or excludes a wireless signal having an arrival direction outside

WO 2021/024473 A1

［続葉有］

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, 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))

of the range of a main beam having the maximum peak value from among the estimated wireless signal reception power values, and estimates the arrival directions of the received wireless signals using a second arrival direction estimation method having a greater resolution than the resolution of the first arrival direction estimation method.

(57) 要約:受信方向を走査して無線信号を受信して前記無線信号の到来方向を推定する制御部を備えた到来方向推定装置が開示される。前記制御部は、第1の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定し、前記推定された無線信号の受信電力値のうち所定のしきい値以下の受信電力値を有する到来方向を有する無線信号を除外し、もしくは前記推定された無線信号の受信電力値のうち最大ピーク値を有するメインビームの範囲以外の到来方向を有する無線信号を除外し、前記第1の到来方向推定方法の分解能よりも高い分解能を有する第2の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定する。

明　細　書

発明の名称 ： 到来方向推定装置及び方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えばレーダ装置等のための、電波の到来方向を推定する到来方向推定装置及び方法に関する。

背景技術

[0002] 例えばミリ波レーダ装置を用いた、到来方向推定の従来技術として、ＭＵＳＩＣ法（ＭＵｌｔｉｐｌｅ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｃｌａｓｓｉｆｉｃａｔｉｏｎ）という手法が用いられている（例えば、特許文献１、非特許文献１参照）。

[0003] ＭＵＳＩＣ法では、受信信号の自己相関行列の周波数成分を固有空間法によって推定することで、到来方向（ＤＯＡ）を推定する。本手法では、ガウス分布のホワイトノイズ存在下に、ｐ個の複素正弦波を含む次元Ｍの信号ｘを仮定し、これに対して、自己相関行列Ｒｘを考える。自己相関行列Ｒｘの固有値が降べきの順にソートされているとし、最初のｐ個の固有値に対応する固有ベクトル（すなわち、分散が大きな方向に対応する固有ベクトル）が張る部分空間を信号部分空間と呼ぶ。残りのＭ－ｐ個の固有ベクトルは信号部分空間に直交する部分空間を張り、内部にはノイズのみが含まれている。ＭＵＳＩＣ法は、このように信号部分空間とノイズの部分空間の直交性を利用して、ｐ個の複素正弦波の到来方向を推定する手法である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００４－２５７９６８号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：菊間信良，「アレーアンテナによる適応信号処理」，科学技術出版，２００４年８月１日発行（９．１節～１０．２節，１７３ページ～２０２ページ）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] この手法は非常に高い分解能でターゲットの到来方向推定が可能であるが、本来ターゲットがない位置に偽像（スプリアス）が発生することがあり、課題となっていた。また、処理時間が長く、リアルタイムで用いる場合に同時に検出できるターゲットの数に限りがあるという課題もあった。

[0007] 本発明の目的は以上の問題点を解決し、偽像の発生を防止することができ、しかもターゲットの数を増大できる到来方向推定装置及び方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 第１の発明に係る到来方向推定装置は、

受信方向を走査して無線信号を受信して前記無線信号の到来方向を推定する制御部を備えた到来方向推定装置であって、

前記制御部は、

第１の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定し、

前記推定された無線信号の受信電力値のうち所定のしきい値以下の受信電力値を有する到来方向を有する無線信号を除外し、もしくは前記推定された無線信号の受信電力値のうち最大ピーク値を有するメインビームの範囲以外の到来方向を有する無線信号を除外し、前記第１の到来方向推定方法の分解能よりも高い分解能を有する第２の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定する。

[0009] 第２の発明に係る到来方向推定方法は、

受信方向を走査して無線信号を受信して前記無線信号の到来方向を推定する制御部を備えた到来方向推定装置のための到来方向推定方法であって、

前記制御部が、第１の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定するステップと、

前記制御部が、前記推定された無線信号の受信電力値のうち所定のしきい

値以下の受信電力値を有する到来方向を有する無線信号を除外し、もしくは前記推定された無線信号の受信電力値のうち最大ピーク値を有するメインビームの範囲以外の到来方向を有する無線信号を除外し、前記第１の到来方向推定方法の分解能よりも高い分解能を有する第２の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定するステップとを含む。

発明の効果

[0010] 従って、本発明に係る到来方向推定装置及び方法によれば、偽像の発生を防止することができ、しかもターゲットの数を増大できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態に係る到来方向推定装置を備えたレーダ装置１００の構成例を示すブロック図である。

[図2]図１のレーダ装置１００により実行される到来方向推定処理を示すフローチャートである。

[図3]図２の到来方向推定処理により実行された実行結果を示す到来角度（ＤＯＡ）に対する受信電力値を示すグラフである。

[図4]変形例に係る到来方向推定処理により実行された実行結果を示す到来角度（ＤＯＡ）に対する受信電力値を示すグラフである。

[図5]従来例に係る到来方向推定処理を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明にかかる実施形態について図面を参照して説明する。なお、同一又は同様の構成要素については同一の符号を付している。

[0013] （実施形態）

本実施形態ではＭＵＳＩＣ法に加えてＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法という到来方向推定技術を用いる。Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法は、ＭＵＳＩＣ法と比較して、分解能は低いが、偽像が発生しづらく、処理時間も短いという特徴がある。

[0014] Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法はもっとも基本的で伝統的な到来方向推定アルゴリズムであって、一様励振（ｕｎｉｆｏｒｍ）アレーアンテナのメインロー

ブ（メインビーム）を全方向にわたって走査しアレーの出力電力が大きくなる到来方向（ＤＯＡ）を探す方法である。アレーアンテナのメインローブを角度θに向けるためには共相条件（同相になるように位相を揃える条件）より各ウェイトを所定値に設定すればよい。そして、角度θを－９０度から＋９０度まで変化させ、アレーアンテナの出力電力のピークを探す。ここで、受信信号の相関行列Ｒｘｘとモードベクトルａ（θ）を用いて角度スペクトラムP_{BF}（θ）を構成し，角度θを変化させたときの角度スペクトラムP_{BF}（θ）のピークの位置から到来方向が分かり、ピークの高さから到来波の入力電力を知ることができる。

[0015] 本実施形態では、以下の手順により到来方向推定を行うことを特徴としている。

（１）Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法により到来方向推定を行う。

（２）到来方向推定結果から、あらかじめ設定しておいたしきい値以上の受信電力を持つ角度を抽出する。

（３）抽出した角度において、ＭＵＳＩＣ法により到来方向推定を行う。

[0016] 図１は実施形態に係る到来方向推定装置を備えたレーダ装置１００の構成例を示すブロック図である。

[0017] 図１において、レーダ装置１００は、送信無線信号発生部１と、電力増幅器２と、走査型送信アンテナ３と、走査型受信アンテナ４と、低雑音増幅器５と、ミキサ６と、フィルタ７と、ＡＤ変換器８と、到来方向解析部９と、記憶部１０と、ターゲット判定部１１と、コントローラ３０と、操作部３１と、表示部３２とを備えて構成される。

[0018] 送信無線信号発生部１は所定の到来方向推定方法に対応するパルス変調方式で変調されたデータを含む送信無線信号を発生してミキサ６に出力するとともに、電力増幅器２を介して走査型送信アンテナ３に出力して、人体、動物又は車両等のターゲット２０に向けて放射する。ここで、走査型送信アンテナ３はコントローラ３０によりその指向性が走査されるように制御される。

[0019] ターゲット２０により反射された反射無線信号は走査型受信アンテナ４で受信し、受信された受信無線信号は低雑音増幅器５を介してミキサ６に入力される。なお、走査型受信アンテナ４は反射無線信号以外の無線信号等の偽像（スプリアス）も受信する。ミキサ６は入力される送信無線信号と受信された無線信号とを混合して、混合結果の信号を例えばバンドパスフィルタ又はローパスフィルタなどのフィルタ７を介して所望のベースバンド信号を取り出して、ＡＤ変換器８に出力する。ＡＤ変換器８は入力されるベースバンド信号をデジタル信号にＡＤ変換した後、到来方向解析部９に出力する。到来方向解析部９は、入力されるデジタル信号に基づいて、所定の到来方向推定方法に対応する到来方向推定処理を実行することで、１個又は複数の到来方向（ＤＯＡ）とその受信電力値を含む到来方向推定結果データを得て、メモリにてなる記憶部１０に一時的に格納する。ターゲット判定部１１は記憶部１０に格納された到来方向推定結果データに基づいて、所定の到来方向推定方法によりターゲット２０であるか否かの判定を行ってコントローラ３０に出力する。

[0020] コントローラ３０には、指示データ等を入力する操作部３１と、到来方向推定結果及びターゲット判定結果を表示する表示部３２とが接続される。コントローラ３０は、図２の到来方向推定処理を実行することで、ターゲット２０で反射された無線信号の到来方向を推定する。

[0021] 図２は図１のレーダ装置１００により実行される到来方向推定処理を示すフローチャートである。

[0022] 図２のステップＳ１において、送信無線信号を送信し、無線信号を受信してその受信電力値を測定して格納する。ステップＳ２Ａ～Ｓ２Ｂでは、送信無線信号及び受信する無線信号の方向に係る全角度範囲を、所定の変化幅で変化させて走査してステップＳ３～Ｓ５の処理を実行する。ステップＳ３では、例えばＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法である第１の到来方向推定方法を用いて到来方向（ＤＯＡ）を推定し、その到来方向の無線信号の受信電力値を到来方向とともに記憶部１０に格納し、ステップＳ４において推定された受信電

力値が所定のしきい値以下であるか否かが判断される。ステップＳ４でＹＥＳのときはステップＳ５に進み現在の角度を走査対象外とする一方、ＮＯのときはステップＳ２Ｂに進む。

[0023] 次いで、ステップＳ６Ａ～Ｓ６Ｂにおいて、送信無線信号及び受信する無線信号の方向に係る角度範囲であって、ステップＳ５で除外した角度を除く対象の角度範囲を、所定の変化幅で変化させて走査してステップＳ７の処理を実行する。ステップＳ７では、例えばＭＵＳＩＣ法である第２の到来方向推定方法を用いて到来方向（ＤＯＡ）を推定し、その到来方向の無線信号の受信電力値を到来方向とともに記憶部１０に格納する。ここで、第２の到来方向推定方法は、第１の到来方向推定方法の分解能よりも高い到来方向推定方法である。さらに、ステップＳ８では、第２の到来方向推定方法による角度スペクトラムからターゲット２０の角度情報を抽出して出力する。

[0024] 図３は図２の到来方向推定処理により実行された実行結果を示す到来角度（ＤＯＡ）に対する受信電力値を示すグラフである。図３（ａ）に示すように、Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法の到来方向推定結果からしきい値を－１０ｄＢと設定し、しきい値以上の電力値を持つ角度範囲を抽出する。ここで、しきい値の大きさはＳＮ比に応じて自由に設定することが可能である。次いで、図３（ｂ）に示すように、上記で抽出した角度範囲のみでＭＵＳＩＣ法を用いて到来方向推定処理を実行することで、偽像を抑制して、ターゲットのみの到来方向のみを抽出することができる。これにより、処理時間を大幅に短縮させ、正確なターゲットの到来方向の情報を得ることができる。

[0025] 従来例のようにＭＵＳＩＣ法のみを用いて到来方向推定処理を実行すると、受信電力値が低い角度でもターゲットが存在すると判断することがあった。これに対して、本実施形態では、まずＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法によって大域的に受信電力が高い角度を抽出しておくことで、後段のＭＵＳＩＣ法を用いた到来方向推定処理で受信電力が低い角度でターゲットが存在すると判断することがなくなる。

[0026] 従来は全角度範囲に対してＭＵＳＩＣ法を適用していたが、本実施形態に

より、ＭＵＳＩＣ法で走査する角度範囲を限定することで、処理時間を大幅に短縮できる。従来のＭＵＳＩＣ法のみの手法と比較して、本実施形態はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法の処理が加わっているが、Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法の計算時間はＭＵＳＩＣ法の計算時間と比較して小さい。そのため、状況にもよるが、Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法の到来方向推定処理が加わることよりも、ＭＵＳＩＣ法の走査範囲を減らす効果の方が大きく、全体としては処理時間が短くなることが期待できる。

[0027] 以上説明したように、本実施形態によれば、

（１）偽像の角度情報ではなく、実際のターゲットの角度情報を得ることにより、正確なターゲットの検知ができる。

（２）処理時間が短くなることにより、ターゲットをより細かい周期で検知することができる。これにより、上位のアプリケーションでターゲットを正確に追跡しやすくなる。

[0028]（変形例）

以上の実施形態においては、受信した無線信号の受信電力値を測定しているが、本発明はこれに限らず、受信信号強度（ＲＳＳＩ）等の受信信号レベルを測定してもよい。

[0029] 図４は変形例に係る到来方向推定処理により実行された実行結果を示す到来角度（ＤＯＡ）に対する受信電力値を示すグラフである。

[0030] 前記実施形態では、図２のステップＳ４～Ｓ５では、第１の到来方向推定方法を用いたときの受信電力値が所定のしきい値以下である角度を走査対象外として、第２の到来方向推定方法を用いて到来方向推定処理を行っている。これに対して、この変形例に係る到来方向推定処理では、第１の到来方向推定方法を用いたときの受信電力値の最大ピーク値を有するメインビームの範囲（図４に示すように、最大ピーク値の角度から走査角度を所定値だけプラス及びマイナスに変化したときに極小値となるときの２つの角度間の角度範囲をいう）以外の角度範囲を走査対象外として、第２の到来方向推定方法を用いて到来方向推定処理を行う。すなわち、第２の到来方向推定方法を用

いる到来方向推定処理で用いる走査角度範囲を限定する。

[0031] 以上の実施形態及び変形例においては、第１の到来方向推定方法としてＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法を用い、第２の到来方向推定方法としてＭＵＳＩＣ法を用いているが、本発明はこれに限らず、第２の到来方向推定方法が、第１の到来方向推定方法の分解能よりも高い到来方向推定方法であれば、以下の表１の他の到来方向推定方法の組み合わせを用いてもよい。なお、パターン４は前記実施形態のパターンである。

[0032] [表1]

組み合わせパターン	第１の到来方向推定方法	第２の到来方向推定方法
パターン１	Beamformer 法	Capon 法
パターン２	Beamformer 法	線形予測法
パターン３	Beamformer 法	最小ノルム法
パターン４	Beamformer 法	ＭＵＳＩＣ法
パターン５	Capon 法	線形予測法
パターン６	Capon 法	最小ノルム法
パターン７	Capon 法	ＭＵＳＩＣ法

[0033] ここで、Ｃａｐｏｎ法は、サイドローブで他の波を受けてしまうＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法の欠点を改善したアルゴリズムで，ある方向にメインローブを向けると同時に他の方向からの出力への寄与を最小化することによりＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法に比べより正確な到来方向が求められる。

[0034] また、線形予測（Ｌｉｎｅａｒ　Ｐｒｅｄｉｃｔｉｏｎ）法は、ヌルを到来波に向けて到来方向推定する手法である。Ｂｅａｍｆｏｒｍｅｒ法及びＣａｐｏｎ法はビーム幅で分解能が決定してしまうのに対して、この手法はかなり高い角度分解能で推定できるが、この手法もＤＣＭＰ（Ｄｉｒｅｃｔｉｏｎａｌｌｙ　Ｃｏｎｓｔｒａｉｎｅｄ　Ｍｉｎｉｍｉｚａｔｉｏｎ　ｏｆ　Ｐｏｗｅｒ）と同じ原理で，電力推定はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法及びＣａｐｏｎ法ほど正確ではない。

[0035] さらに、最小ノルム法では，ウェイトベクトルのノルムを一定値とする条件の下で、出力電力を最小化することにより、角度スペクトラムを得る手法である。このとき、ウェイトは、相関行列のＫ個の固有値のうち最小固有値に対応する固有ベクトルを選択することに相当し、出力電力が最小化される。

[0036] なお、これらの到来方向推定方法の具体的な推定処理については、非特許文献１において開示されており公知である。以上説明したように、２つの到来方向推定処理については、所望の分解能や処理時間に応じて使い分けるとよい。

[0037] （特許文献１との相違点）

図５は、特許文献１で開示された従来例に係る到来方向推定処理を示す模式図である。

[0038] 当該従来例はＭＵＳＩＣ法を段階的に分けて角度推定を行うことを特徴としている。すなわち、図５（ａ）に示すように、まず大きな角度刻み幅（例えば１０°）で全角度範囲を走査し、ピークを抽出する。次に、図５（ｂ）に示すように、抽出したピークに対応する角度範囲を指定し、より小さい角度刻み幅（例えば１°）で適用角度範囲を走査して、ピークを抽出する。さらに上記で抽出したピークに対応する角度範囲を指定し、さらに小さい角度刻み幅（例えば０．１°）で適用角度範囲を走査してピークを抽出する。従来例は、このようにして、所定の精度に達するまで角度の算出を繰り返す手法である。

[0039] 従来例はＭＵＳＩＣ法のみを用いて角度推定を行っているため、偽像の発生を抑制できない。例えば、初めに全角度範囲を走査する際に、偽像をピークとして抽出してしまうと、最後まで偽像の角度算出を繰り返してしまう。一方、本実施形態では、上述したように、まずＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法を用いて角度推定を行うため、偽像の発生を抑制できる。

産業上の利用可能性

[0040] 以上詳述したように、本発明に係る到来方向推定装置及び方法によれば、

偽像の発生を防止することができ、しかもターゲットの数を増大できる。本発明に係る到来方向推定装置及び方法は、例えばミリ波電波等の電波の到来方向をセンシングするレーダ装置等に適用できる。

符号の説明

[0041] １　送信無線信号発生部

２　電力増幅器

３　走査型送信アンテナ

４　走査型受信アンテナ

５　低雑音増幅器

６　ミキサ

７　フィルタ

８　ＡＤ変換器

９　到来方向解析部

１０　記憶部

１１　ターゲット判定部

２０　ターゲット

３０　コントローラ

３１　操作部

３２　表示部

請求の範囲

[請求項1] 受信方向を走査して無線信号を受信して前記無線信号の到来方向を推定する制御部を備えた到来方向推定装置であって、

前記制御部は、

第１の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定し、

前記推定された無線信号の受信電力値のうち所定のしきい値以下の受信電力値を有する到来方向を有する無線信号を除外し、もしくは前記推定された無線信号の受信電力値のうち最大ピーク値を有するメインビームの範囲以外の到来方向を有する無線信号を除外し、前記第１の到来方向推定方法の分解能よりも高い分解能を有する第２の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定する、

到来方向推定装置。

[請求項2] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、

前記第２の到来方向推定方法はＭＵＳＩＣ法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項3] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、

前記第２の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項4] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、

前記第２の到来方向推定方法は線形予測法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項5] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、

前記第２の到来方向推定方法は最小ノルム法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項6] 前記第１の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法であり、

前記第２の到来方向推定方法は線形予測法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項7] 前記第１の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法であり、

前記第２の到来方向推定方法は最小ノルム法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項8] 前記第１の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法であり、

前記第２の到来方向推定方法はＭＵＳＩＣ法である、

請求項１に記載の到来方向推定装置。

[請求項9] 無線信号の放射方向を走査して前記無線信号を送信して、無線信号をその受信方向を走査して受信して前記無線信号の到来方向を推定するレーダ装置であって、

請求項１～８のうちのいずれか１つに記載の到来方向推定装置を備える、

レーダ装置。

[請求項10] 受信方向を走査して無線信号を受信して前記無線信号の到来方向を推定する制御部を備えた到来方向推定装置のための到来方向推定方法であって、

前記制御部が、第１の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定するステップと、

前記制御部が、前記推定された無線信号の受信電力値のうち所定のしきい値以下の受信電力値を有する到来方向を有する無線信号を除外し、もしくは前記推定された無線信号の受信電力値のうち最大ピーク値を有するメインビームの範囲以外の到来方向を有する無線信号を除外し、前記第１の到来方向推定方法の分解能よりも高い分解能を有する第２の到来方向推定方法を用いて、受信した無線信号の到来方向を推定するステップとを含む、

到来方向推定方法。

[請求項11] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、

前記第２の到来方向推定方法はＭＵＳＩＣ法である、

請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[請求項12] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、
前記第２の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法である、
請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[請求項13] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、
前記第２の到来方向推定方法は線形予測法である、
請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[請求項14] 前記第１の到来方向推定方法はＢｅａｍｆｏｒｍｅｒ法であり、
前記第２の到来方向推定方法は最小ノルム法である、
請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[請求項15] 前記第１の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法であり、
前記第２の到来方向推定方法は線形予測法である、
請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[請求項16] 前記第１の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法であり、
前記第２の到来方向推定方法は最小ノルム法である、
請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[請求項17] 前記第１の到来方向推定方法はＣａｐｏｎ法であり、
前記第２の到来方向推定方法はＭＵＳＩＣ法である、
請求項１０に記載の到来方向推定方法。

[図1]

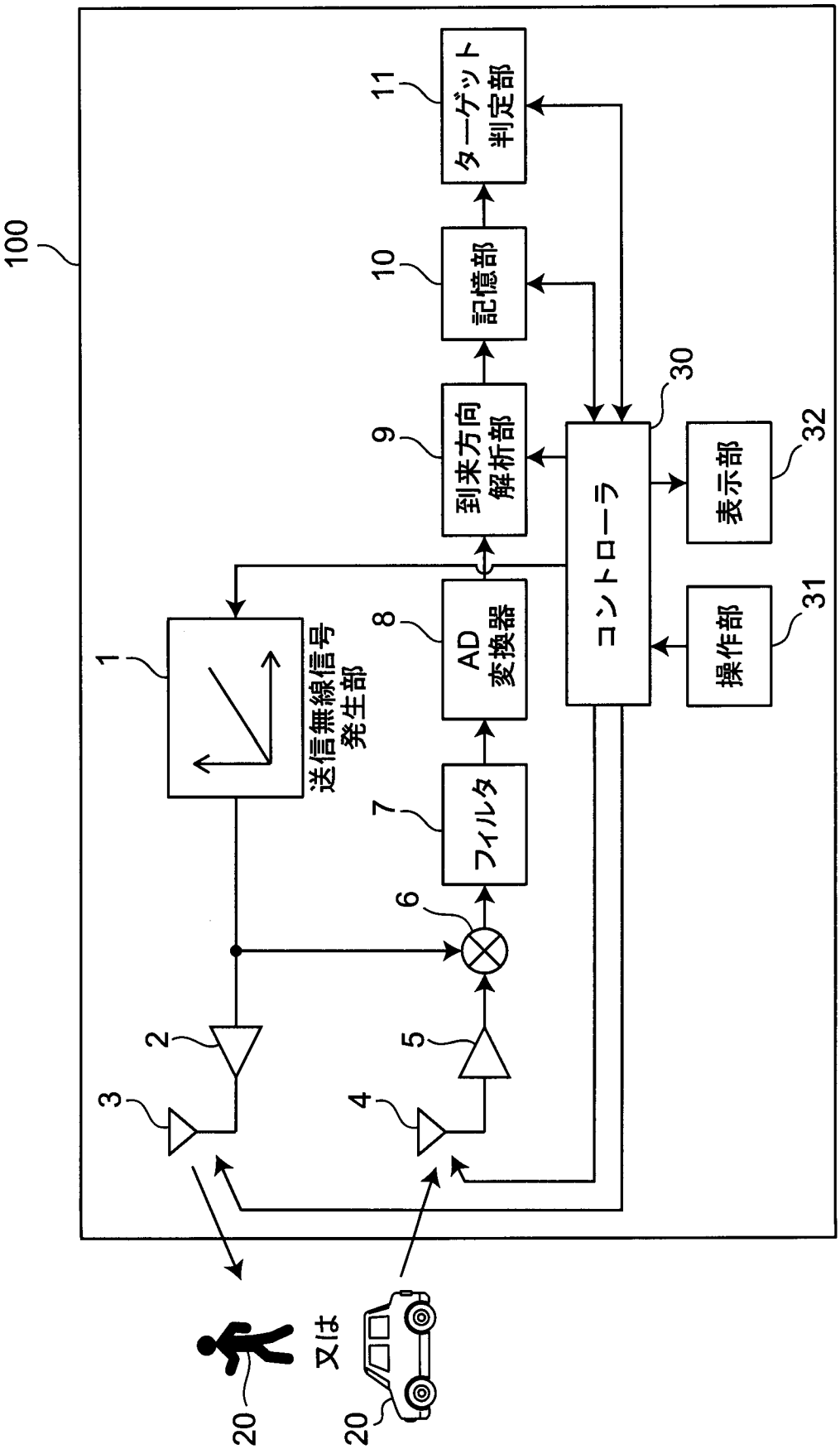
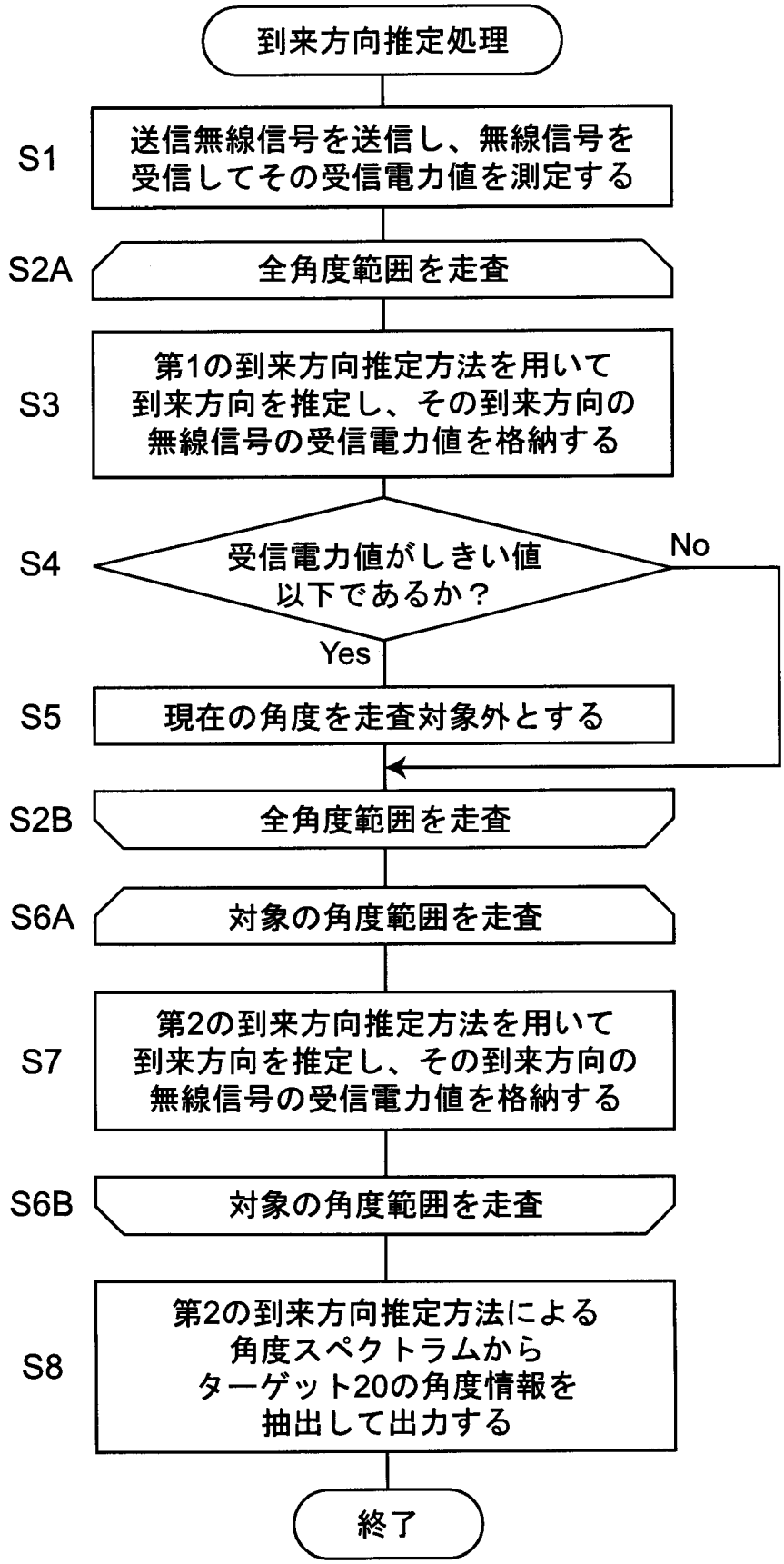

100
11
ターゲット判定部
10
記憶部
9
到来方向解析部
30
コントローラ
32
表示部
31
操作部
8
AD変換器
7
フィルタ
6
1
送信無線信号発生部
2
3
4
5
20
又は
20

図1

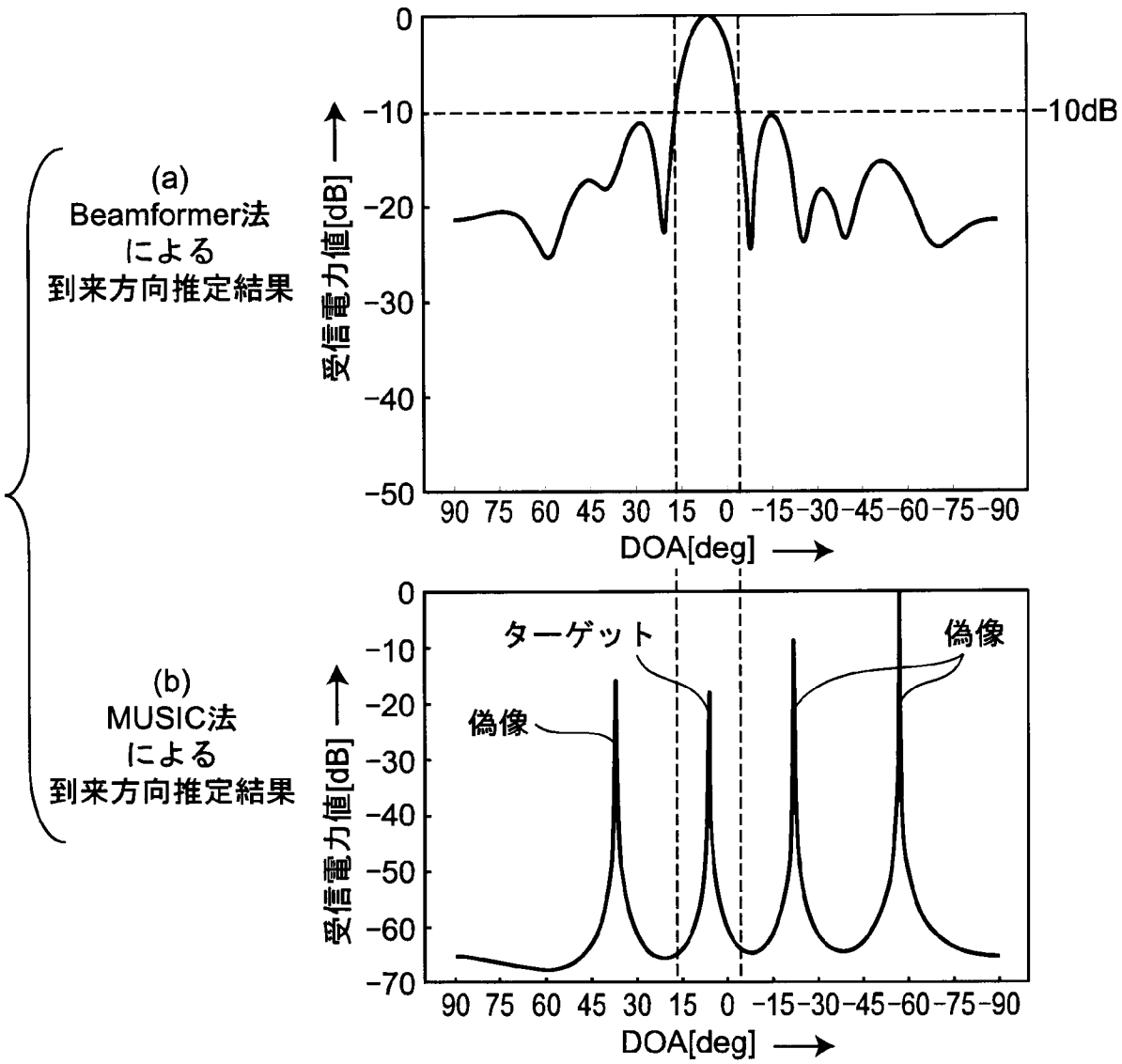
[図2]

図2


到来方向推定処理
S1
送信無線信号を送信し、無線信号を受信してその受信電力値を測定する
S2A
全角度範囲を走査
S3
第1の到来方向推定方法を用いて到来方向を推定し、その到来方向の無線信号の受信電力値を格納する
S4
受信電力値がしきい値以下であるか？
No
Yes
S5
現在の角度を走査対象外とする
S2B
全角度範囲を走査
S6A
対象の角度範囲を走査
S7
第2の到来方向推定方法を用いて到来方向を推定し、その到来方向の無線信号の受信電力値を格納する
S6B
対象の角度範囲を走査
S8
第2の到来方向推定方法による角度スペクトラムからターゲット20の角度情報を抽出して出力する
終了

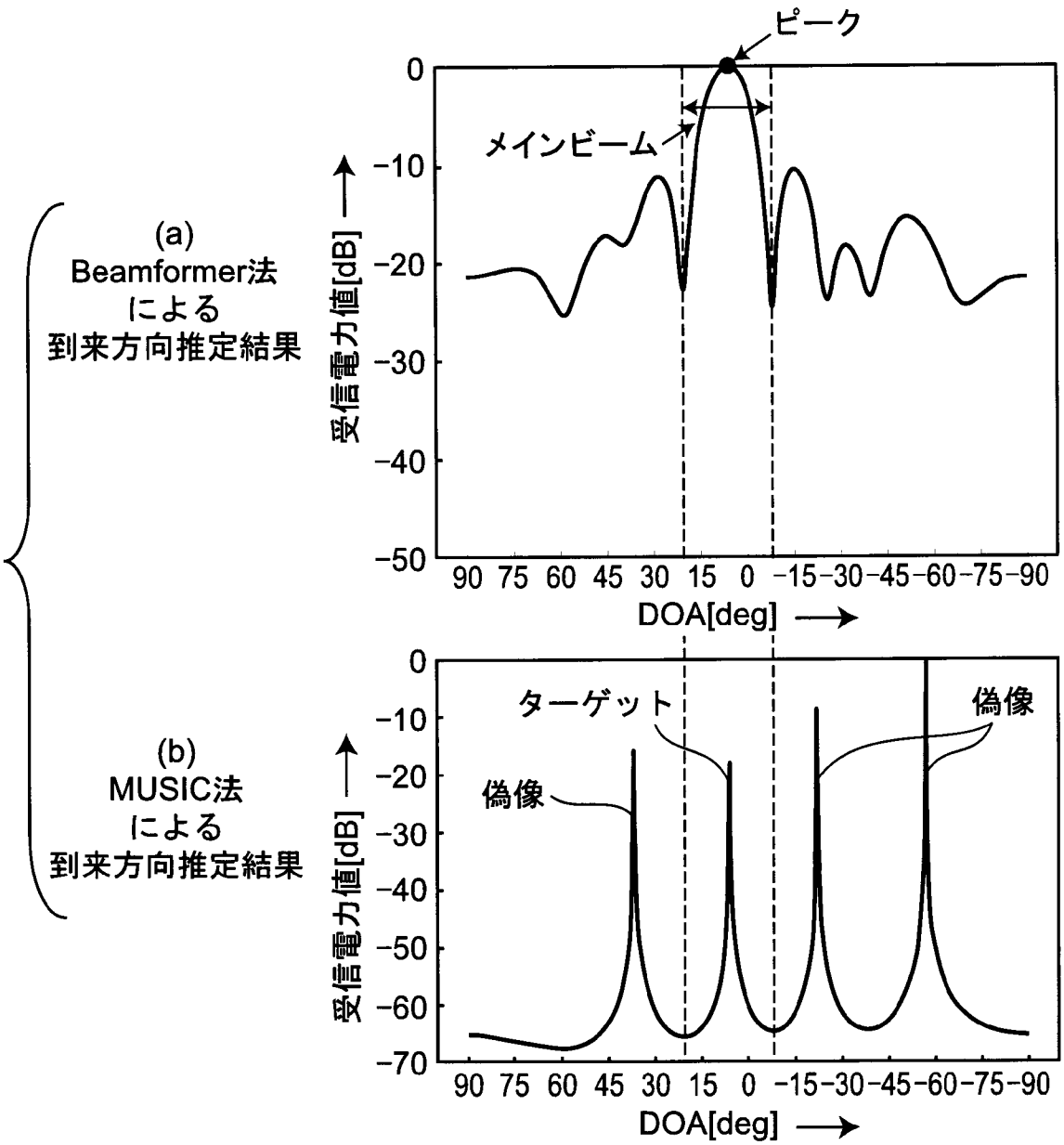
[図3]

図3


(a)
Beamformer法
による
到来方向推定結果
受信電力値[dB]
0
-10
-20
-30
-40
-50
-10dB
90 75 60 45 30 15 0 -15-30-45-60-75-90
DOA[deg]
(b)
MUSIC法
による
到来方向推定結果
受信電力値[dB]
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
ターゲット
偽像
偽像
90 75 60 45 30 15 0 -15-30-45-60-75-90
DOA[deg]

[図4]

図4


(a)
Beamformer法
による
到来方向推定結果
ピーク
メインビーム
受信電力値[dB]
0
−10
−20
−30
−40
−50
90 75 60 45 30 15 0 −15−30−45−60−75−90
DOA[deg]
(b)
MUSIC法
による
到来方向推定結果
ターゲット
偽像
偽像
受信電力値[dB]
0
−10
−20
−30
−40
−50
−60
−70
90 75 60 45 30 15 0 −15−30−45−60−75−90
DOA[deg]

[図5]

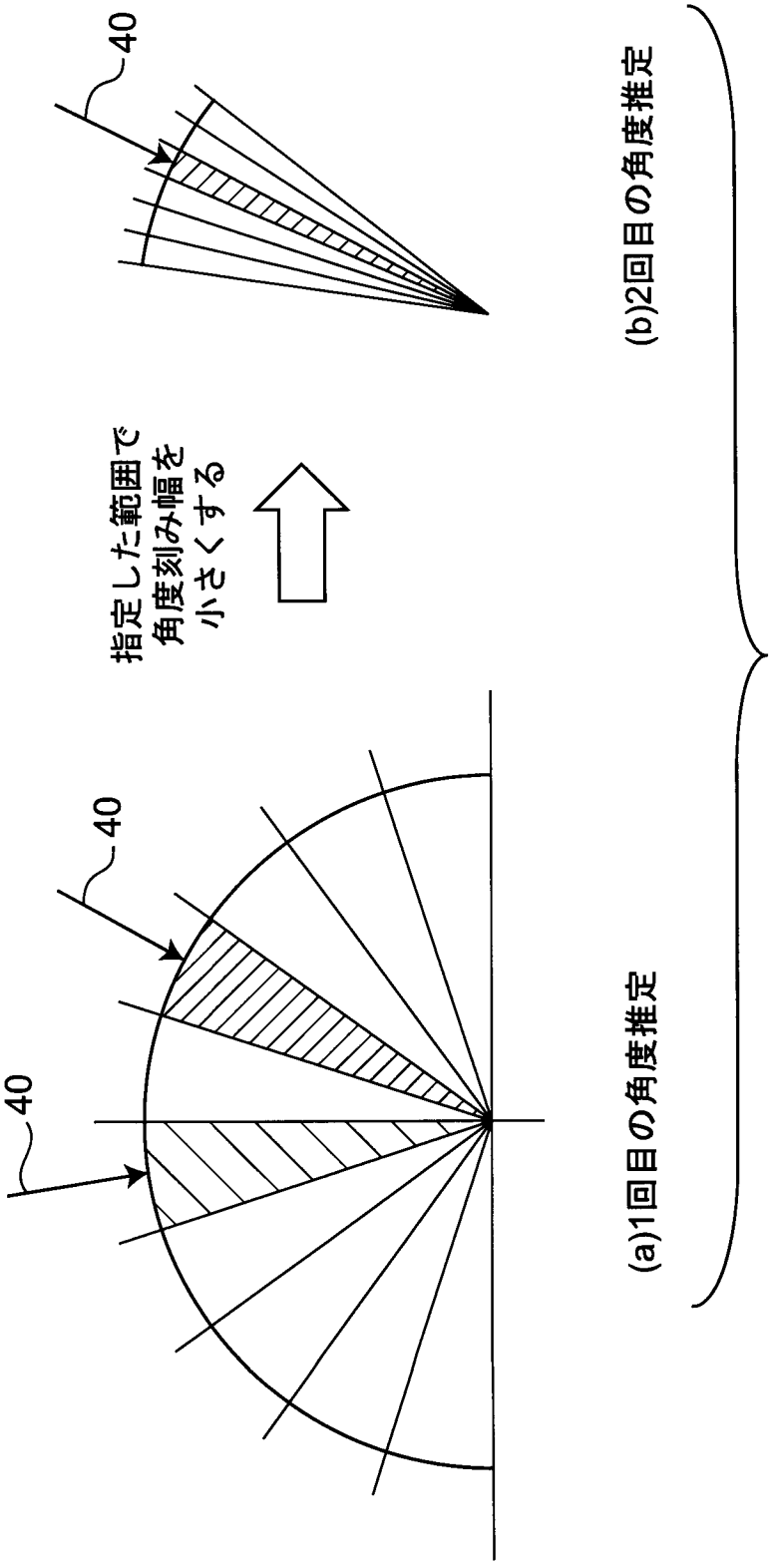


図5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/031448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01S7/02(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. G01S7/00-G01S7/42, G01S7/52-G01S7/64, G01S13/00-G01S13/95, G01S15/00-G01S15/96

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 A	JP 2013-152239 A (HONDA ELESYS CO., LTD.) 08 August 2013, paragraphs [0002], [0055]-[0059], [0068], fig. 15-17 (Family: none)	1-2, 5, 7-11, 14, 16-17 6, 15 3-4, 12-13
X A	JP 2006-275840 A (HONDA ELESYS CO., LTD.) 12 October 2006, paragraphs [0013], [0017]-[0020], [0028], [0052]-[0054], fig. 1, 2, 13-15 (Family: none)	1, 3-4, 9, 11-13 2, 5-8, 10, 14-17

☒ 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 23.10.2019	Date of mailing of the international search report 05.11.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/031448

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-163883 A (HONDA ELESYS CO., LTD.) 25 August 2011, paragraphs [0002], [0020], [0021], fig. 1 & US 2011/0193740 A1, paragraphs [0009], [0063]-[0066], fig. 1	6, 15 1-5, 7-14, 16-17
A	JP 2001-091617 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 06 April 2001, entire text, all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2008-157823 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 10 July 2008, entire text, all drawings (Family: none)	1-17
A	US 2013/0322505 A1 (FLOCH, J. J.) 05 December 2013, entire text, all drawings & EP 2669708 A1	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３１４４８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S7/02(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.　G01S7/00-G01S7/42, G01S7/52-G01S7/64, G01S13/00-G01S13/95, G01S15/00-G01S15/96

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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 Y A	JP 2013-152239 A (株式会社ホンダエレシス) 2013.08.08, 段落［０００２］, ［００５５］－［００５９］, ［００６８］, 図１５－１７ (ファミリーなし)	1-2, 5, 7-11, 14, 16-17 6, 15 3-4, 12-13
X A	JP 2006-275840 A (株式会社ホンダエレシス) 2006.10.12, 段落［００１３］, ［００１７］－［００２０］, ［００２８］, ［００５２］－［００５４］, 図１－２, １３－１５ (ファミリーなし)	1, 3-4, 9, 11-13 2, 5-8, 10, 14-17

☑　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	国際調査報告の発送日
２３．１０．２０１９	０５．１１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　６００１
安井　英己
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

Ｃ（続き）．　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	JP 2011-163883 A (株式会社ホンダエレシス) 2011.08.25, 段落［０００２］,［００２０］－［００２１］, 図１ & US 2011/0193740 A1, 段落［０００９］, ［００６３］－［００６６］, 図１	6,15 1-5,7-14, 16-17
A	JP 2001-091617 A (株式会社豊田中央研究所) 2001.04.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2008-157823 A (松下電工株式会社) 2008.07.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	US 2013/0322505 A1 (FLOCH, Jean-Jacques) 2013.12.05, 全文, 全図 & EP 2669708 A1	1-17