

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-228453
(P2014-228453A)

(43) 公開日 平成26年12月8日(2014.12.8)

(51) Int. Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 3/16 (2006.01)		GO 1 S 3/16	5 J 0 6 2
GO 1 S 5/04 (2006.01)		GO 1 S 5/04	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-109574 (P2013-109574)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成25年5月24日 (2013.5.24)	(74) 代理人	100095407 弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100131152 弁理士 八島 耕司
		(74) 代理人	100147924 弁理士 美恵 英樹
		(74) 代理人	100137383 弁理士 山口 直樹
		(72) 発明者	高尾 哲也 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		Fターム(参考)	5J062 BB01 BB02 BB03 CC07 CC14 FF01 FF04 FF06 GG02

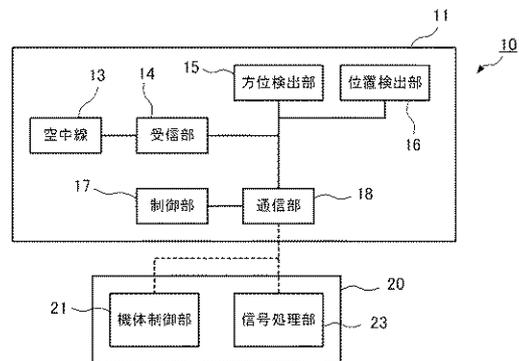
(54) 【発明の名称】 電波到来方位測定システム

(57) 【要約】

【課題】 小規模な移動体を用いる場合であっても、移動体に到来する電波の到来方位を測定可能にする。

【解決手段】 空中線 13 は、指向性を有し、航空機 11 に固定される。方位検出部 15 は、航空機 11 の向いている方位角を検出する。信号処理部 23 は、空中線 13 で電波を捕捉したときの、航空機 11 の方位角と航空機 11 に対する空中線 13 の指向方向の角度から、電波到来方位を算出する。それぞれが航空機 11 に対して相異なる角度で固定された指向性を有する複数の空中線 13 を備え、信号処理部 23 は、複数の空中線 13 のうち電波を捕捉した空中線 13 の指向方向の航空機 11 に対する角度から、電波到来方位を算出してもよい。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体に固定された指向性を有する空中線と、
前記移動体の向いている方位角を検出する方位検出部と、
前記空中線で電波を捕捉したときの、前記移動体の方位角と前記移動体に対する前記空中線の指向方向の角度から、電波到来方位を算出する信号処理部と、
を備える電波到来方位測定システム。

【請求項 2】

それぞれが前記移動体に対して相異なる角度で固定された指向性を有する複数の前記空中線を備え、
前記信号処理部は、前記複数の空中線のうち電波を捕捉した空中線の指向方向の前記移動体に対する角度から、電波到来方位を算出する、
請求項 1 に記載の電波到来方位測定システム。

【請求項 3】

1 つの前記空中線の指向方向は、前記移動体の進行方向に一致する、請求項 1 または 2 に記載の電波到来方位測定システム。

【請求項 4】

前記移動体の位置を検出する位置検出部を備え、
前記信号処理部は、前記移動体が進行方向を変えて移動する間に同一の電波源からの電波を捕捉した 2 以上の地点における前記空中線のビーム幅の重なりエリアから、前記電波源の位置を標定する、
請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の電波到来方位測定システム。

【請求項 5】

前記信号処理部は、前記移動体が高度を変えて移動する間に前記電波源からの電波を捕捉できたときの移動体の高度と、位置標定した前記電波源の位置および前記移動体の位置から算出した前記電波源までの距離を用いて、前記電波源の高度を算出する、請求項 4 に記載の電波到来方位測定システム。

【請求項 6】

前記電波到来方位測定システムは、それぞれに前記指向性を有する空中線が固定された少なくとも 2 台の前記移動体を含み、
前記移動体はそれぞれ当該移動体の向いている方位角を検出する方位検出部と、当該移動体の位置を検出する位置検出部とを備え、
前記信号処理部は、2 台の前記移動体が互いに逆方向に旋回するときに、前記 2 台の移動体が同一の電波源からの電波を捕捉した場合の前記電波源に対するそれぞれの方位測定線の交点から、前記電波源の位置を標定する、
請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の電波到来方位測定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動体に到来する電波の到来方位を測定する電波到来方位測定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

到来する電波をアレイ空中線で受信し、アレイ空中線の受信信号から取得した振幅および位相の情報に対して所定の処理を実施し、電波源の到来方向を特定する手法が提案されている。また、アレイ空中線を搭載する高高度プラットフォームを所定の範囲を旋回飛行して時間とともに位置を変える場合、その位置の変化を利用して目標電波源の位置を標定する手法が提案されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 の電波到来方向特定システムは、高々度を飛行あるいは停留する高

10

20

30

40

50

々度プラットフォームと、高々度プラットフォームに設置され、所定の周波数範囲にある任意の形式の電波を受信しその受信信号を出力するアレーアンテナを備える。そして、アレーアンテナの受信信号から取得した振幅および位相の情報に対して所定の信号処理を施し、電波の到来方向を所定の誤差以内で特定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-249629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の電波到来方向特定システムでは、電波源の到来方向の特定にアレイ空中線が必須の要素である。アレイ空中線を用いる電波源到来方向の特定には収集対象の波長に対応する規模のアレイ空中線の開口径が必要になる。そのため、高高度プラットフォームの規模増大に繋がり、高高度プラットフォームが大型化するという問題点があった。また、特許文献1においても、高高度プラットフォームは十分な浮力あるいは揚力を高高度で得るために大型であることを前提としており、電波源の到来方向の特定にはアレイ空中線の開口径を広くとることが必要であるとの記載から、低コストで小規模な高高度プラットフォームを用いて電波源位置標定する場合の解決手法となり得ないという問題点があった。

【0006】

この発明は、上述のような事情に鑑みてなされたものであり、小規模な移動体を用いる場合であっても、移動体に到来する電波の到来方位を測定可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述の目的を達成するため、本発明の電波到来方位測定システムは、移動体に固定された指向性を有する空中線と、移動体の向いている方位角を検出する方位検出部と、空中線で電波を捕捉したときの、移動体の方位角と移動体に対する空中線の指向方向の角度から、電波到来方位を算出する信号処理部と、を備える。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る方位測定システムによれば、指向性を有する空中線を用いて電波到来方位を測定するので、小規模な移動体でも、電波の到来方位を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施の形態1に係る電波到来方位測定システムの概念図である。

【図2】実施の形態1に係る電波到来システムの構成例を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1に係る空中線の指向特性の例を示す図である。

【図4】実施の形態1に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波の到来方位を測定する動作を示す概念図である。

【図5】実施の形態1に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波源の位置標定を行う動作を示す概念図である。

【図6】実施の形態1の、電波到来方位を測定する動作の例を示すフローダイアグラムである。

【図7】本発明の実施の形態2に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波源の高度を推定する動作を示す概念図である。

【図8】実施の形態2の、電波源の高度を推定する動作の例を示すフローダイアグラムである。

【図9】本発明の実施の形態3に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波源の位置標定を行う動作を示す概念図である。

10

20

30

40

50

【図10】実施の形態3の、電波源の位置標定を行う動作の例を示すフローダイアグラムである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図中、同一または相当する部分には同じ符号を付す。

【0011】

実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1に係る電波到来方位測定システムの概念図である。電波到来方位測定システムは、移動体である航空機11に電波源30から到来する電波の、航空機11から見た到来方位を測定する。航空機11には、指向性を有する空中線13が固定されている。電波到来方位測定システムは、空中線13で電波を捕捉したときの航空機11の方位角と、航空機11に対する空中線13の指向方向の角度から、捕捉した電波の到来方向を算出する。

10

【0012】

実施の形態1に係る電波到来方位測定システムは、航空機11および地上設備20から構成される。航空機11は、前述の空中線13、受信部14、方位検出部15、位置検出部16、制御部17および通信部18を備える。

【0013】

図2は、実施の形態1に係る電波到来システムの構成例を示すブロック図である。電波到来方位測定システム10の地上設備20は、機体制御部21および信号処理部23を備える。地上設備20の機体制御部21および信号処理部23は、航空機11の通信部18と無線で通信し、データを送受信する。

20

【0014】

指向性を有する空中線13は航空機11に固定され、指向方向から航空機11に到来する電波を捕捉する。受信部14は、電波を捕捉した空中線13のRF信号をIF信号に周波数変換し、A-D変換した信号から到来電波の信号検出を行う。定められた信号を受信部14で検出したとき、空中線13で電波を捕捉したと判断できる。受信部14は、検出した信号を通信部18に送る。

【0015】

方位検出部15は、航空機11が向いている方位角を検出する。方位検出部15は、例えば、ジャイロコンパス、ジャイロスコープまたはジャイロセンサを備える。ジャイロスコープまたはジャイロセンサは、機械式、流体式または光学式のいずれをも用いることができる。方位検出部15は、検出した方位角を通信部18に送る。

30

【0016】

位置検出部16は、例えば、GPS (Global Positioning System) 受信機を備え、航空機11の位置を検出する。位置検出部16は、検出した航空機11の位置を通信部18に送る。通信部18は、受信部14で検出した信号、航空機11の方位角および位置を地上設備20の信号処理部23に送信する。

【0017】

信号処理部23は、信号を検出したとき、すなわち、空中線13で電波を捕捉したときの、航空機11の方位角と、航空機11に対する空中線13の指向方向の角度から、電波到来方位を算出する。空中線13は、航空機11に固定されており、空中線13の指向方向の航空機11に対する角度は決まっているから、電波到来方位を算出することができる。

40

【0018】

地上設備20の機体制御部21は、航空機11の航路などの制御情報を設定し、航空機11の通信部18に送信する。通信部18は、受信した制御情報を制御部17に設定する。制御部17は、地上設備20の機体制御部21から設定される制御情報に従って、航空機11の飛行制御を行う。以下、実施の形態1における電波到来方位測定および電波源3

50

0 の位置標定に係る動作を説明する。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、実施の形態 1 に係る空中線の指向特性の例を示す図である。本実施の形態 1 では、航空機 1 1 の機軸 X と空中線 1 3 のメインビーム M の中心（指向方向）を合わせるように、航空機 1 1 に空中線 1 3 を搭載するものとする。また、航空機 1 1 の機軸 X と航空機 1 1 に搭載する方位検出部 1 5 から得られる方位の基準を予め合わせておくものとする。このようにすることで、航空機 1 1 に搭載する空中線 1 3 のメインビーム方向と機軸方向が一致することになり、メインビーム M で信号検出した時の航空機 1 1 の方位が、電波到来方位となる。

【 0 0 2 0 】

図 4 は、実施の形態 1 に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波の到来方位を測定する動作を示す概念図である。航空機 1 1 は、向きを変えながら飛行する。例えば、図 4 の位置 A、位置 B、位置 C のように航路 P に沿って飛行すると、航空機 1 1 の航路 P に外接する方向に機軸 X の方向が変化し、それに従って空中線 1 3 の指向方向が変化する。電波源 3 0 からの信号を検出したときの航空機 1 1 の位置（図 4 では、位置 B）における航空機 1 1 の方位が、電波の到来方位となる。

【 0 0 2 1 】

図 5 は、実施の形態 1 に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波源の位置標定を行う動作を示す概念図である。図 5 は、航空機 1 1 が旋回飛行し、航空機 1 1 の位置が位置 D および位置 E にあるときに、電波源 3 0 からの電波を収集できた場合を示す。この場合、航空機 1 1 が位置 D にあるときのビーム幅と位置 E にあるときのビーム幅が重なるエリアが、位置 D と位置 E 双方の位置から収集可能なエリア R である。

【 0 0 2 2 】

空中線 1 3 は、メインビーム M に幅を持つため、異なる位置での機軸 X が交差しなくても、メインビーム M が重なるエリア R が存在し得る。航空機 1 1 が旋回を続けると、1 つの電波源 3 0 から到来する電波を捕捉する複数の位置におけるメインビーム M の重なりから、電波源 3 0 の概略位置を決定することが可能となる。

【 0 0 2 3 】

航空機 1 1 のビーム幅を b とし、図 5 において、航空機 1 1 が位置 D にあるときの航空機 1 1 の方位角を D 、位置 E にあるときの航空機 1 1 の方位角を E とする。

【 0 0 2 4 】

航空機 1 1 を右旋回させた場合、位置 D と位置 E におけるビーム幅の重なる範囲としては、図 5 において位置 D と位置 E 双方の位置から収集可能なエリア R として示したように、位置 D におけるビーム幅の右側と、位置 E におけるビーム幅の左側とが重なるエリアとなる。したがって、これらの範囲は、以下の手順により求めることができる。

【 0 0 2 5 】

航空機 1 1 が位置 D にある場合のビーム幅の右舷の基準方位からの角度は、 $D + b$ となる。航空機 1 1 が位置 E にある場合のビーム幅の左舷の基準方位からの角度は、 $E - b$ となる。したがって、位置 D と位置 E 双方の位置から収集可能なエリア R は、航空機 1 1 が位置 D における $D + b$ の方位線と、航空機 1 1 が位置 E における $E - b$ の方位線との交点を基準とし、 $E - b$ から $D + b$ の範囲となる。これらを計算することで、電波源 3 0 の存在するエリアを推定する。

【 0 0 2 6 】

位置 D と位置 E は、位置検出部 1 6 で検出できる。それぞれの位置における航空機 1 1 の方位角 D 、 E は、方位検出部 1 5 で検出できる。ビーム幅 b は既知である。したがって、これらの値から、電波源 3 0 が存在するエリアを計算することができる。

【 0 0 2 7 】

図 6 は、実施の形態 1 の、電波到来方位を測定する動作の例を示すフローダイアグラムである。図 6 では、方位検出部 1 5 と位置検出部 1 6 を 1 つにまとめて、方位・位置検出部 1 5、1 6 で表されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

運用者は、本システムで収集したい電波の諸元を収集諸元として、信号処理部 2 3 に設定する。信号処理部 2 3 は、設定された収集諸元を無線伝送し、航空機 1 1 に搭載される通信部 1 8 を通じ、受信部 1 4 に設定する（ステップ S 0 1）。また、運用者は、航空機 1 1 を飛行させる航路 P などの機体制御に関する情報を、機体制御部 2 1 に設定する。機体制御部 2 1 は、機体制御に関する情報を無線伝送し、航空機 1 1 に搭載される通信部 1 8 を通じ、制御部 1 7 に設定する（ステップ S 0 2）。制御部 1 7 は設定された機体制御情報に基づき、航空機 1 1 に所定の航路 P の飛行、例えば旋回飛行をさせる（ステップ S 0 3）。

【 0 0 2 9 】

方位検出部 1 5 と位置検出部 1 6 は、飛行中一定の周期で機体の方位と位置を検出し、通信部 1 8 を通じて信号処理部 2 3 および機体制御部 2 1 に送信する（ステップ S 0 4）。方位検出部 1 5 と位置検出部 1 6 は、到来電波の有無にかかわらず、検出した方位と位置を信号処理部 2 3 および機体制御部 2 1 に伝送する。

【 0 0 3 0 】

例えば、機体制御に関する情報に基づいた旋回飛行を行う航空機 1 1 の空中線 1 3 において電波源 3 0 からの到来電波を捕捉すると、空中線 1 3 は到来信号を受信部 1 4 へ伝送し（ステップ S 0 5）、受信部 1 4 では周波数変換および A - D 変換ののち、収集諸元に適合する信号検出を行う（ステップ S 0 6）。受信部 1 4 は、収集諸元に適合する信号を検出すると、検出信号を通信部 1 8 を通じ、信号処理部 2 3 へ伝送する。

【 0 0 3 1 】

信号処理部 2 3 は、収集諸元に適合する信号を検出したときの航空機 1 1 の方位から、電波の到来方位を算出し、航空機 1 1 の位置と電波到来方位（方位測定結果）を例えば画面表示として出力する（ステップ S 0 7）。さらに、信号処理部 2 3 は、複数の方位測定結果から電波源 3 0 の位置を標定処理し、標定結果を出力（画面表示）する（ステップ S 0 8）。

【 0 0 3 2 】

実施の形態 1 では、空中線 1 3 の指向方向が航空機 1 1 の機軸 X に一致する場合を説明した。空中線 1 3 の指向方向の航空機 1 1 に対する角度が一定であれば、指向方向は航空機 1 1 の機軸 X に一致していなくてもよい。さらに、指向方向の航空機 1 1 に対する角度がわかれば、角度は一定でなくてもよい。そこで、航空機 1 1（移動体）に対してそれぞれが相異なる角度で固定された複数の空中線 1 3 を備え、電波を捕捉した空中線 1 3 の航空機 1 1（移動体）に対する角度から、電波到来方位を算出することができる。また、指向性を有する 1 つの空中線を回転可能に航空機 1 1（移動体）に取り付け、空中線 1 3 の角度を検出できるようにして用いることもできる。

【 0 0 3 3 】

複数の空中線 1 3 を備える場合、または、空中線 1 3 を回転可能に取り付ける場合は、航空機 1 1 を旋回させなくても、電波到来方位を空中線の分解能の範囲で測定できる。ただし、信号を検出する時間に航空機 1 1 は移動するので、空中線 1 3 の指向方向が機軸 X に一致（進行方向に一致）している場合に、電波到来方位測定の精度が最も高くなる。

【 0 0 3 4 】

電波到来方位測定システム 1 0 の移動体は、航空機以外でもよい。移動体は、例えば、船舶や車両であってもよい。移動体が車両のような場合、方位検出部 1 5 は、ジャイロスコープなどによらず、例えば、GPS 受信機と加速度センサを用いて方位を検出することもできる。また、2 つの GPS 受信機を離隔して移動体に取り付けて、2 つの位置から移動体の方位を検出することもできる。

【 0 0 3 5 】

なお、実施の形態 1 では、移動体と地上設備 2 0 を分離した構成の場合を説明した。地上設備 2 0 の機体制御部 2 1 および信号処理部 2 3 を、移動体に搭載して、電波到来方位測定システム 1 0 を移動体だけで完結する構成にすることもできる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

実施の形態 2

図 7 は、本発明の実施の形態 2 に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波源の高度を推定する動作を示す概念図である。実施の形態 2 に係る電波到来方位測定システムは、図 2 の構成と同様である。実施の形態 2 では、電波到来方位測定システム 10 は、電波到来方位と電波源 30 の位置に加えて、電波源 30 の高度を推定する。図 7 は、電波源 30 の位置が分かった状態で、航空機 11 から電波源 30 の高度を推定する手法について説明したものである。ここで、図 3 に示す空中線 13 は仰角方向にも指向特性を有するものとし、高高度から地上あるいは海面目標の捕捉が可能であることを想定する。

【 0 0 3 7 】

図 7 では、航空機 11 の位置 I、H、G、F における高度をそれぞれ高度 i、h、g、f とする。図 2 に示す機体制御部 21 を通じて航空機 11 の制御部 17 を制御することで、航空機 11 を低高度（例えば高度 i）から、航空機 11 を高高度（例えば高度 f）まで徐々に高度を上げて飛行させる。そのとき同時に、航空機 11 の向きを変えながら、例えば螺旋状に旋回する航路 P を飛行させる。

【 0 0 3 8 】

電波は、発信源と航空機 11 とが電界強度的に届く距離の場合でも、これらの間で見通しが得られない場合、電波の受信が困難である。本実施の形態 2 では、この性質を利用し、航空機 11 の向きを変えながらその高度を序々に上げて行くことで、電波源 30 からの電波を受信できた時点の航空機 11 の高度を測定する。徐々に高度を上げて初めて電波を受信できたときの航空機 11 の高度を、見通しが得られる高度とする。

【 0 0 3 9 】

航空機 11 の高度は、位置検出部 16 の GPS 受信機で検出することができる。その他、気圧高度計または電波高度計を用いて検出してもよい。

【 0 0 4 0 】

航空機 11 から電波源 30 の見通しが得られる高度において、電波源 30 の高度を $ALT1$ [m]、航空機 11 の高度を $ALT2$ [m]、電波源 30 と航空機 11 間の距離を d [m] とすると、これらの間には式 (1) の関係が成立つ。これを変形した式 (2) から、電波源 30 の高度である $ALT1$ を算出することが可能となる。

$$d = 4121 \times ((ALT1) + (ALT2)) \quad (1)$$

$$ALT1 = ((d / 4121) - (ALT2))^2 \quad (2)$$

【 0 0 4 1 】

図 8 は、実施の形態 2 の、電波源の高度を推定する動作の例を示すフローダイアグラムである。図 8 では、方位検出部 15 と位置検出部 16 を 1 つにまとめて、方位・位置検出部 15, 16 で表されている。

【 0 0 4 2 】

運用者は、本システムで収集したい電波の諸元を収集諸元として、信号処理部 23 に設定する。信号処理部 23 は、設定された収集諸元を無線伝送し、航空機 11 に搭載される通信部 18 を通じ、受信部 14 に設定する（ステップ S11）。また、運用者は、航空機 11 を高度を変更しながら向きを変えて飛行させるための機体制御に関する情報を、機体制御部 21 に設定する。機体制御部 21 は、機体制御に関する情報を無線伝送し、航空機 11 に搭載される通信部 18 を通じ、制御部 17 に設定する（ステップ S12）。制御部 17 は設定された機体制御情報に基づき、航空機 11 に高度を変更しながら例えば旋回する動作をさせる（ステップ S13）。

【 0 0 4 3 】

方位検出部 15 と位置検出部 16 は、飛行中一定の周期で機体の位置、方位および高度を検出し、通信部 18 を通じて信号処理部 23 および機体制御部 21 に送信する（ステップ S14）。方位検出部 15 と位置検出部 16 は、到来電波の有無にかかわらず、検出した位置、方位および高度を信号処理部 23 および機体制御部 21 に伝送する。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

機体制御に関する情報に基づいて高度を変更しながら旋回飛行を行う航空機 1 1 の空中線 1 3 において、電波源 3 0 からの到来信号を受信すると、空中線 1 3 は到来信号を受信部 1 4 へ伝送し（ステップ S 1 5）、受信部 1 4 では周波数変換および A - D 変換ののち、収集諸元に適合する信号検出を行う。受信部 1 4 は、収集諸元に適合する信号を検出すると、検出信号を通信部 1 8 を通じ、信号処理部 2 3 へ伝送する（ステップ S 1 6）。

【 0 0 4 5 】

信号処理部 2 3 は、収集諸元に適合する信号を検出したときの航空機 1 1 の方位から、電波の到来方位を算出し、航空機 1 1 の位置と電波到来方位（方位測定結果）を例えば画面表示として出力する（ステップ S 1 7）。また、初めて信号を検出した場合、信号処理部 2 3 は、信号検出時点での航空機 1 1 の位置と高度から電波源 3 0 の高度を推定する（ステップ S 1 7）。信号処理部 2 3 は、電波源 3 0 の推定高度を方位測定結果と合わせて出力する。

10

【 0 0 4 6 】

電波到来方位測定システム 1 0 は、信号処理部 2 3 で電波源 3 0 の高度を推定した後も引き続き旋回飛行を実施し（ステップ S 1 8）、実施の形態 1 と同様に、信号処理部 2 3 は、複数の方位測定結果から標定処理することで、高度推定した電波源 3 0 の位置を標定し、標定結果を出力する。

【 0 0 4 7 】

実施の形態 2 に係る電波到来方位測定システム 1 0 によれば、高度を変えて飛行する間に電波源 3 0 からの電波を捕捉できたときの航空機 1 1 の高度から、電波源 3 0 の高度を測定することができる。

20

【 0 0 4 8 】

実施の形態 2 でも、移動体は航空機 1 1 に限らない。空中線を取り付けた車両を斜面などで高度を変えながら走行させ、その間に電波を捕捉できたときの高度から、電波源 3 0 の高度を測定することができる。この場合、自由に移動体（車両）の向きを変えることができないので、複数の空中線 1 3 を備えるか、指向性を有する空中線 1 3 の向きを車両に対して変えられるようにすることが望ましい。

【 0 0 4 9 】

実施の形態 3

図 9 は、本発明の実施の形態 3 に係る電波到来方位測定システムにおいて、電波源の位置標定を行う動作を示す概念図である。実施の形態 3 では、2 機の航空機を互いに反対向きに旋回させて、それぞれ電波到来方位を測定し、2 つの電波到来方位から電波源 3 0 の位置を標定する。

30

【 0 0 5 0 】

図 9 は、電波源 3 0 からの電波を 2 機の航空機 1 1 および航空機 1 2 で同時に電波を捕捉し、電波源 3 0 の位置を標定する場合を示す。2 機の航空機 1 1、1 2 を逆向きに旋回飛行させる場合、図 9 に示すように、電波源 3 0 に対する航空機 1 1 の空中線 1 3 のメインビーム M と航空機 1 2 の空中線 1 3 のメインビーム M は交差する状況があり得る。この時、航空機 1 1 において位置 J の座標と位置 J における電波源 3 0 の方位が得られる。同様に、航空機 1 2 において位置 K の座標と位置 K における電波源 3 0 の方位が得られる。

40

【 0 0 5 1 】

位置が特定できる異なる 2 以上の地点からの電波源 3 0 に対する到来方位が分かれば、これらの地点での到来方位の交点から、電波源 3 0 の位置を標定できる。この概念を用いて電波源 3 0 の位置標定を行う。図 9 において、航空機 1 1 の位置 J と航空機 1 2 の位置 K で電波源 3 0 からの電波を捕捉し、到来方位を算出できたものとする。この場合、位置 J の座標を J (X J、Y J)、電波源 3 0 の到来方位を J とし、位置 K の座標を K (X K、Y K)、電波源 3 0 の到来方位を K とする。電波源 3 0 の位置を T (X T、Y T) とすると、以下の式 (3) および式 (4) が得られる。ここで、未知変数は電波源 3 0 の位置 T (X T、Y T) であり、式 (3) および式 (4) における変数 J、X J、Y J、K、X K および Y K は既知である。これらの連立方程式により電波源 3 0 の位置 T (X

50

T、Y T)の値を計算でき、電波源30の位置標定が可能となる。

$$\tan(\quad J) = |X T - X J| / |Y T - Y J| \quad (3)$$

$$\tan(\quad K) = |X T - X K| / |Y T - Y K| \quad (4)$$

【0052】

3点以上の位置で電波源30からの電波を捕捉した場合でも、3式以上の連立方程式を解くことにより、電波源30の位置を得ることができる。電波到来方位には空中線13のビーム幅の誤差、および、位置と方位の検出誤差があるので、3点以上の地点からの電波到来方位の線は1点では交わるとは限らない。多くの地点の測定データを得ることによって、電波源30の標定位置の誤差を小さくできる。

【0053】

図10は、実施の形態3の、電波源の位置標定を行う動作の例を示すフローダイアグラムである。図10では、航空機11、12内部の空中線13、受信部14、方位検出部15、位置検出部16、制御部17および通信部18の間の信号またはデータのやりとりが省略されている。なお、図10では省略されているが、航空機11、12の位置および方位は、実施の形態1と同様に得るものとする。

【0054】

本実施の形態では、運用者が、2機の航空機11および航空機12に対し、それぞれの航空機11、12に伴う信号処理部23および信号処理部24を通じて収集諸元を設定する(ステップS21、S22)。さらに、運用者が、2機の航空機11および航空機12に対し、それぞれの航空機11、12に伴う機体制御部21および機体制御部22を通じ、それぞれ、右旋回および左旋回の異なる旋回方向を設定する(ステップS23、S24)。異なる旋回方向を設定されたそれぞれの航空機11および航空機12は独立に航行し(ステップS25、S26)、収集諸元に適合する到来信号を受信した時点で、実施の形態1で示した処理と同様に処理を実施する(ステップS27、S28)。信号処理部23および信号処理部24それぞれで電波源30の到来方位を算出する(ステップS29、S30)。

【0055】

航空機12で検出した到来方位およびその時の航空機12の位置および方位を航空機12に伴う信号処理部24から、航空機11に伴う信号処理部23へ伝送する(ステップS31)。信号処理部23では信号処理部23で検出した方位と、信号処理部24から伝送された方位から標定処理を実施することで、電波源30の位置を標定し、標定結果を運用者へ通知(画面表示)する(ステップS32)。

【0056】

実施の形態3の電波到来方位測定システム10によれば、同じ電波源30から到来する電波を離れた2地点で受信できるので、電波源30の位置を標定する精度が向上する。

【符号の説明】

【0057】

10 電波到来方位測定システム、11、12 航空機、13 空中線、14 受信部、15 方位検出部、16 位置検出部、17 制御部、18 通信部、20 地上設備、21、22 機体制御部、23、24 信号処理部、30 電波源。

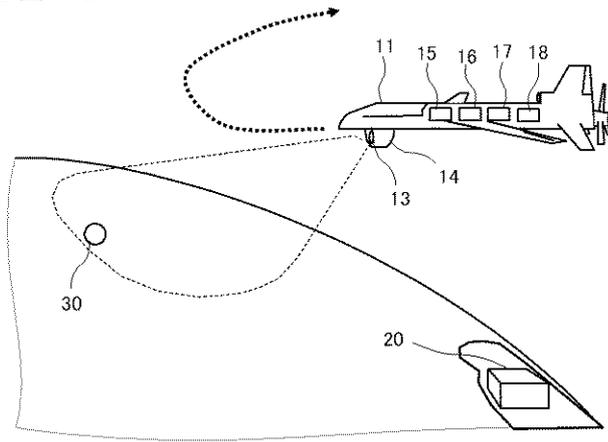
10

20

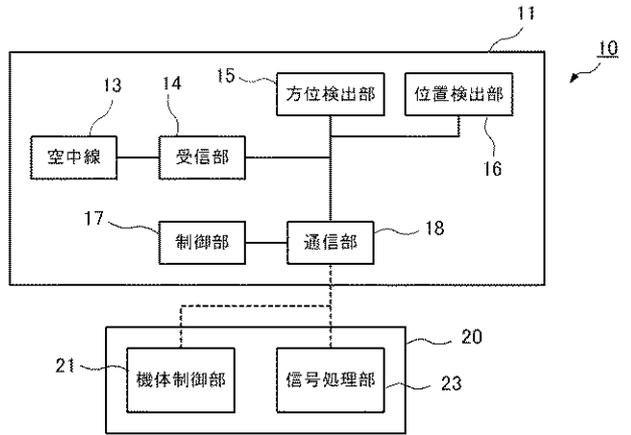
30

40

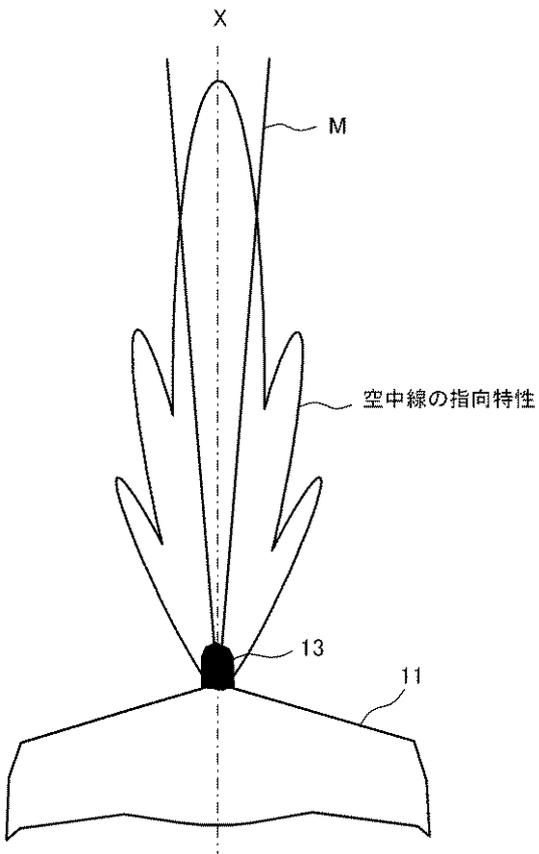
【図1】



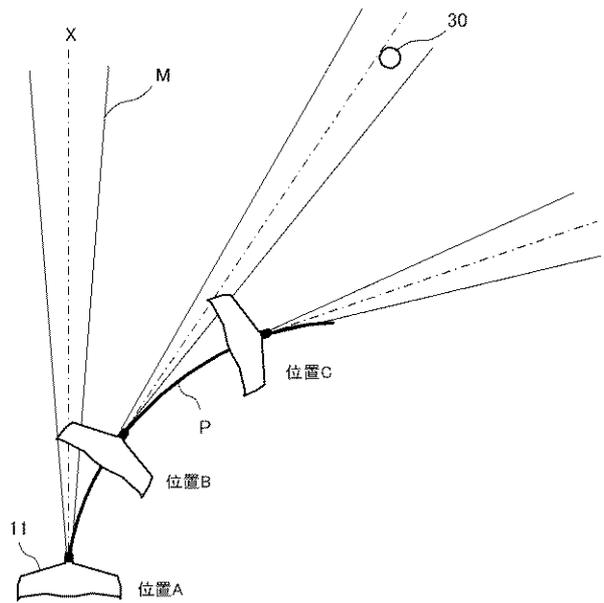
【図2】



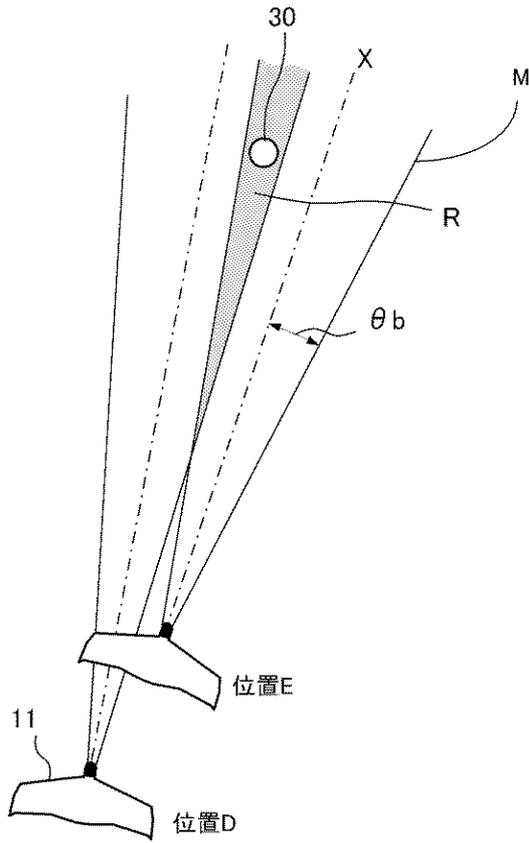
【図3】



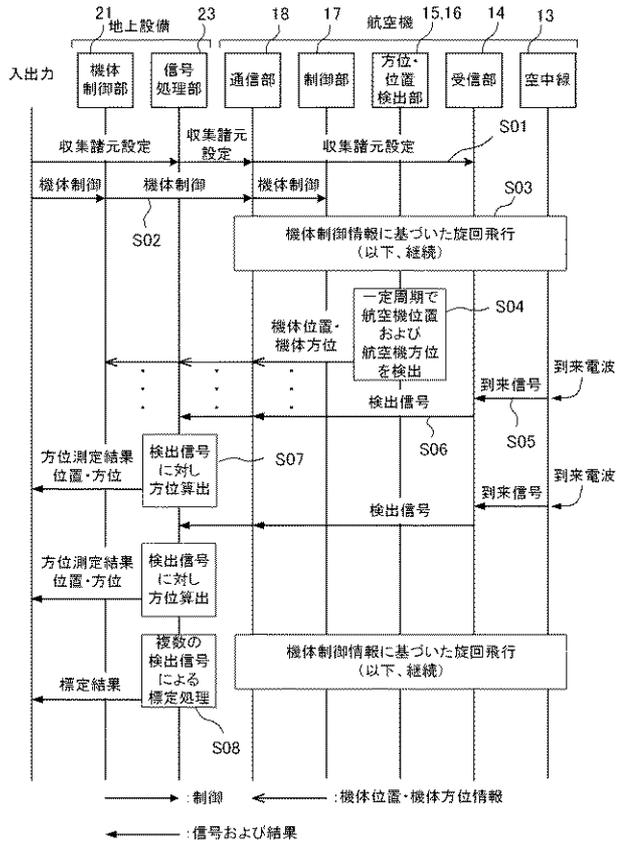
【図4】



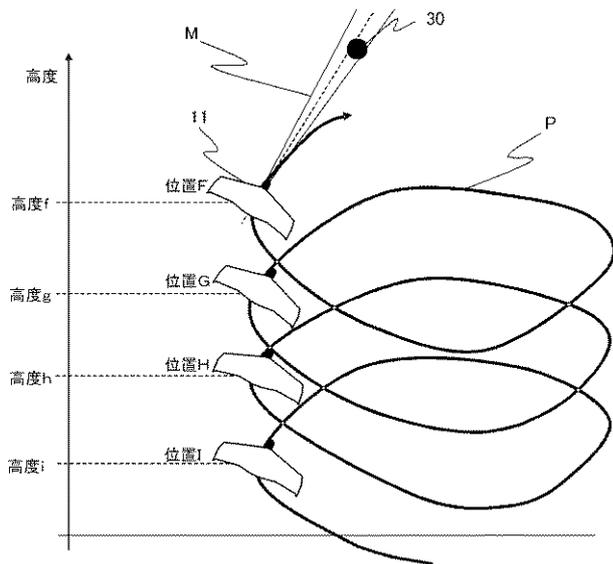
【図5】



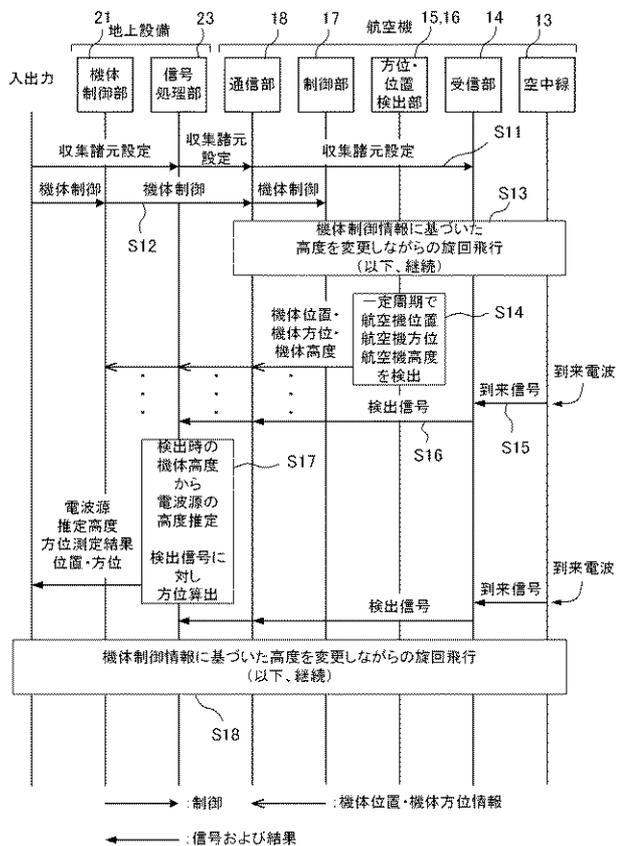
【図6】



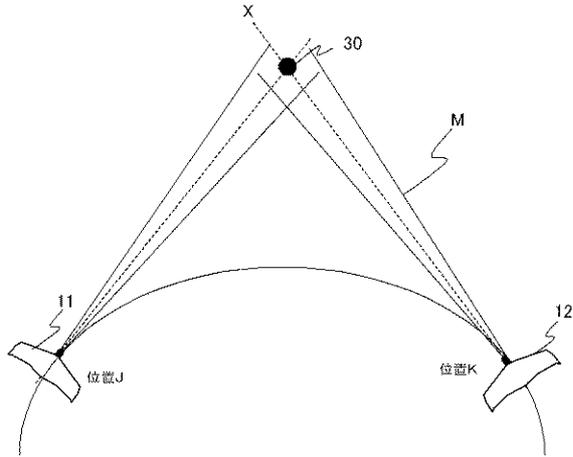
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

