(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
2016 年 12 月 8 日(08.12.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/194127 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 21/06 (2006.01) *H01Q 3/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/065873

(22) 国際出願日: 2015 年 6 月 2 日(02.06.2015)

(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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 夏目　耕一(NATSUME, Koichi); 〒1008310 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 稲葉　忠彦, 外(INABA, Tadahiko et al.); 〒1008310 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　知的財産センター内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, 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).

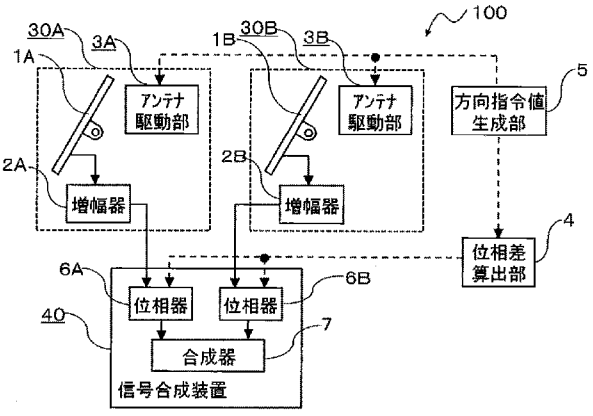
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ANTENNA DEVICE

(54) 発明の名称 : アンテナ装置

[図5]



2A, 2B	Amplifier
3A, 3B	Antenna drive unit
4	Phase difference calculation unit
5	Direction command value generation unit
6A, 6B	Phase shifter
7	Synthesizer
40	Signal synthesizing device

(57) **Abstract**: An antenna device 100 is provided with: a plurality of antenna units 30A, 30B, which are disposed in a row, and which respectively have antennas 1A, 1B that generate reception signals by receiving electromagnetic waves from a satellite, and antenna drive units 3A, 3B that change the orientation directions, i.e., the directions which the antennas 1A, 1B face; a direction command value generation unit 5, which generates direction command values, i.e., command values to be given to the antenna drive units 3A, 3B, such that the direction in which the satellite is present and the orientation directions match each other; a phase difference calculation unit 4 that calculates a phase difference, which is a difference between the phases of the reception signals generated by the antennas 1A, 1B; and a signal synthesizing device 40 that synthesizes reception signals on the basis of the phase difference.

(57) 要約: アンテナ装置１００は、衛星からの電波を受信して受信信号を生成するアンテナ１Ａ、１Ｂと、およびアンテナ１Ａ、１Ｂが向く方向である指向方向を変更するアンテナ駆動部３Ａ、３Ｂとを有し、一列に配置された複数のアンテナユニット３０Ａ、３０Ｂと、衛星が存在する方向と指向方向とが一致するように、アンテナ駆動部３Ａ、３Ｂに与えられる指令値である方向指令値を生成する方向指令値生成部５と、複数のアンテナ１Ａ、１Ｂが生成する受信信号の位相の差である位相差を算出する位相差算出部４と、位相差に基づき複数の受信信号を合成する信号合成装置４０とを備える。

WO 2016/194127 A1

明　細　書

発明の名称 ： アンテナ装置

技術分野

[0001] この発明は、航空機などの移動体に搭載される衛星通信用のアンテナ装置に関する。

背景技術

[0002] 航空機に搭載される衛星通信用のアンテナ装置は、航空機の機体の上部に取付けられ、空気抵抗を増大させる要因となる。航空機に搭載されるアンテナでは、空気抵抗による抗力（ドラッグと呼ぶ）を低減すること（低ドラッグ化と呼ぶ）が求められている。

[0003] 空気抵抗抗力を小さくするには、搭載された航空機の進行方向の前方から見たアンテナ装置の断面積（機首向断面積と略す）をできるだけ小さくすることが必要である。アンテナ性能を変更せずにアンテナの機首向断面積を小さくする技術としては、複数の半円筒形アンテナ要素を回転可能なベースの上に載せたものがある（特許文献１参照）。すべてのアンテナ要素の仰角は同じになるように制御され、複数のアンテナ要素を広範囲な方向に向けることができる。このように構成されたアンテナ装置は、等価な開口径を持つ単一のアンテナで構成されたアンテナ装置と比較して、機首向断面積を小さくすることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００５－５１０１０４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来技術では、アンテナ要素のすべてを１個の方位角を回転させるベースに搭載している。そのため、ベースの直径を小さくすると、アンテナ要素間の間隔が狭くなる。間隔が狭いと、アンテナが低い仰角を指向する場合には

、アンテナ要素間の干渉やブロッキングが大きくなり、アンテナ利得が低下する。アンテナ要素間の間隔を広げると、低い仰角でのアンテナ要素間の干渉やブロッキングは軽減されるが、ベースがアンテナ要素の配置方向に長くなる。その結果、方位角を回転させるベースの直径が大きくなる。ベースの直径が大きくなると、搭載された航空機の進行方向から見たアンテナ装置の幅が広くなり、アンテナ装置の高さは低くても、機首向断面積が大きくなる。すなわち、アンテナ要素間の干渉やブロッキングによるアンテナ利得の低下と、機首向断面積を小さくすることとがトレードオフ関係にあるという課題がある。

[0006] この発明は上記のような問題点を解決するためになされたものであり、複数のアンテナ要素によって単一のアンテナを構成することで機首向断面積を小さくするアンテナ装置において、アンテナが低い仰角を指向する場合でもあっても、アンテナ利得を維持できるアンテナ装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] この発明に係るアンテナ装置は、衛星からの電波を受信して受信信号を生成するアンテナと、およびアンテナが向く方向である指向方向を変更するアンテナ駆動部とを有し、一列に配置された複数のアンテナユニットを有する。さらに、衛星が存在する方向と指向方向とが一致するように、アンテナ駆動部に与えられる指令値である方向指令値を生成する方向指令値生成部と、複数のアンテナが生成する受信信号の位相の差である位相差を算出する位相差算出部と、位相差に基づき複数の受信信号を合成する信号合成装置とを備える。

発明の効果

[0008] この発明によれば、アンテナが低い仰角を指向する場合でもあってもアンテナ利得を維持でき、かつ移動体の進行方向前方から見たアンテナ装置の断面積を小さくできる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]この発明の実施の形態１に係るアンテナ装置の側面図である。

[図2]実施の形態１に係るアンテナ装置の平面図である。

[図3]実施の形態１に係るアンテナ装置の正面図である。

[図4]実施の形態１に係るアンテナ装置の背面図である。

[図5]実施の形態１に係るアンテナ装置の機能ブロック図である。

[図6]実施の形態１に係るアンテナ装置が有する複数のアンテナが受信する電波の経路長差を説明する図である。

[図7]実施の形態１に係るアンテナ装置のアンテナが設置面に垂直な方向を向いている状態での平面図である。

[図8]実施の形態１に係るアンテナ装置の高さが最大になる状態での側面図である。

[図9]実施の形態１に係るアンテナ装置の高さが最大になる状態での正面図である。

[図10]第１の比較例としての同じ開口面積を有する１個のアンテナが設置面に垂直な方向を向いている状態での平面図である。

[図11]第１の比較例としての同じ開口面積を有する１個のアンテナの高さが最大になる状態での側面図である。

[図12]第２の比較例としての２個のアンテナが同じ方位軸の回りを回転するアンテナ装置のアンテナが設置面に垂直な方向を向いている状態での平面図である。

[図13]第２の比較例としての２個のアンテナが同じ方位軸の回りを回転するアンテナ装置の高さが最大になる状態での側面図である。

[図14]実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの遮蔽が発生している状態を説明する図である。

[図15]実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの遮蔽が発生する高度角でのアンテナの方位角とアンテナ利用率の関係を説明する図である。

[図16]実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの遮蔽が発生する別の高度角でのアンテナの方位角とアンテナ利用率の関係を説明する図である。

[図17]実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの方位角を変化させて平均したアンテナ利用率と仰角の関係を説明する図である。

[図18]この発明の実施の形態２に係るアンテナ装置の機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態１

図１は、この発明の実施の形態１に係るアンテナ装置の側面図である。図２は、実施の形態１に係るアンテナ装置の平面図である。図３は、実施の形態１に係るアンテナ装置の正面図である。図４は、実施の形態１に係るアンテナ装置の背面図である。図５は、実施の形態１に係るアンテナ装置の機能ブロック図である。この実施の形態１に係るアンテナ装置１００では、２個のアンテナユニット３０Ａ、３０Ｂが航空機７０の機首上部に、機体と平行に一列に決められた間隔で配置されている。アンテナユニットは、３個以上を１列に決められた間隔で配列してもよい。なお、機体の方向と機体の進行方向とは、同じ方向である。機体の方向を機首方向とも呼ぶ。

[0011] アンテナユニット３０Ａ、３０Ｂは、機体７０の機首上部にあるアンテナ設置面に設置される。アンテナ設置面に垂直な方向を機体垂直方向と呼ぶ。機首側のアンテナユニット３０Ａは、衛星からの電波を受信して受信信号を生成するアンテナ１Ａと、アンテナ１Ａが出力する受信信号を増幅する増幅器２Ａと、アンテナ１Ａが向く方向である指向方向を変更するアンテナ駆動部３Ａと、アンテナ駆動部３Ａを航空機７０に固定する移動体固定部である機体固定部７１Ａとを有する。機尾側のアンテナユニット３０Ｂも同様に、アンテナ１Ｂと、増幅器２Ｂと、アンテナ駆動部３Ｂと、機体固定部７１Ｂとを有する。なお、アンテナ１Ａとアンテナ１Ｂは同一の構成であり、アンテナ１Ａ、１Ｂの両方に関する場合は、アンテナ１と表記する。増幅器２なども同様に表記する。

[0012] アンテナ装置１００は、２個のアンテナ１Ａ、１Ｂが生成する受信信号の位相差を算出する位相差算出部４と、アンテナ駆動部３に与えられるアンテ

ナ１の指向方向の方向指令値を生成する方向指令値生成部５と、位相差算出部４が算出する位相差に基づき２個のアンテナ１Ａ、１Ｂが出力し増幅された受信信号を合成する信号合成装置４０とをさらに備える。信号合成装置４０が出力する信号は、復調装置５０（図示せず）により復調される。

[0013] 信号合成装置４０は、入力される２個の信号の位相が同期するように調整する２個の位相器６Ａ、６Ｂと、位相器６Ａ、６Ｂで位相が同期された信号を合成する合成器７とを有する。位相器６Ａは、アンテナ１Ａで受信した信号の位相を調整する。位相器６Ｂは、アンテナ１Ｂで受信した信号の位相を調整する。

アンテナ１Ａ、１Ｂの受信信号が位相器６Ａ、６Ｂにより位相が一致するように調整されているため、合成器７では最大合成され受信信号強度が２倍になる。こうして、アンテナ１Ａおよびアンテナ１Ｂの２倍の開口面積を有する１個のアンテナで衛星からの信号を受信した場合と同等のアンテナ利得を得ることができる。

なお、位相差をゼロにすることが目的なので、一方の側の位相だけを調整することにして、位相器６Ａ、６Ｂのどちらかを備えないようにしてもよい。位相差に基づき複数の受信信号の位相を合わせることができるように、必要な数の位相器を必要な箇所に設ければよい。

[0014] アンテナ１は、この発明の効果を最大限に利用するために、平面アンテナを使用することが望ましい。平面アンテナは、パラボラアンテナのような開口面形状の物理的な制約がなく、自由に開口面形状を決めることができる。平面アンテナを使用することで、開口面積およびアンテナ利得が同じアンテナであっても、横長の長方形の平面アンテナにできる。横長にすることで、低仰角を指向した場合でもアンテナ１の高さを低く抑えることができる。平面アンテナを使用したアンテナユニットを機体の方向に並べることで、図１から図４に示すように、高さを低くしたアンテナ装置を実現できる。

[0015] 増幅器２は、アンテナ１から入力する受信信号を増幅して後段の位相器６に出力する。増幅器２は、受信信号の信号ノイズ比ができるだけ悪化しない

ように、アンテナ１の背面に設置する。他の位置に増幅器を設置してもよい。

[0016] アンテナ駆動部３は、アンテナ１の長手方向に平行かつアンテナ設置面に平行な高度軸３１の回りにアンテナ１を回転可能に支持する高度角変更部３２と、アンテナ設置面に垂直な方位軸の回りに高度角変更部３２を機体固定部７１に対して回転可能に支持する方位角変更部３３とを有する。なお、方位軸と高度軸は互いに垂直である。ここで、高度角は、機体垂直方向と指向方向の間の角度である。仰角は、アンテナ設置面と指向方向との間の角度である。

[0017] 平面アンテナを横から支持すると、支持する部材によりアンテナ装置の幅が大きくなる。アンテナ装置１００の幅を大きくしないために、高度軸３１をアンテナ１の背後に配置する構成としている。平面アンテナを横から支持する構成としてもよい。

[0018] 高度角変更部３２と方位角変更部３３は、図示しないが、回転させる駆動力を発生するモータと、モータが発生する駆動力により回転させる駆動力伝達機構を有する。アンテナ駆動部３は、アンテナの方位角および高度角すなわちアンテナの指向方向を方向指令値に一致するようにモータを制御する駆動制御部３４（図示せず）とを有する。

[0019] 方向指令値生成部５は、機体７０（厳密には、アンテナ設置面）に対する相対的な衛星が存在する方向である方向指令値を生成する。方向指令値を生成する上で、方向指令値生成部５は、電波を受信する衛星の位置情報と、ＧＰＳ(Grobal positioning system)などにより取得した航空機の位置情報と、航空機に搭載されている慣性航法装置から取得する航空機の姿勢角度（ヨー角、ピッチ角、ロール角）を使用する。このように、何らかのデータに基づきアンテナの指向方向を決める方法を、オープン方式と呼ぶ。別の方法として、衛星から送信されてアンテナ装置が受信する信号の信号強度を測定し、信号強度が最大になるようにフィードバック制御でアンテナの指向方向を決めるクローズドループ方式がある。あるいは、オープン方式とクローズドル

ープ方式とを組合わせたハイブリッド方式により、方向指令値を決めてもよい。これらのいずれかの方式により駆動制御部３４に対する方向指令値が与えられて、駆動制御部３４が、方向指令値から許容できる偏差以内でアンテナが衛星が存在する方向を指向するように、アンテナ駆動部３を駆動する。

[0020] 位相差算出部４は、アンテナ１Ａ、１Ｂから出力される受信信号を最適に合成するために必要な、各受信信号の間の位相差を演算し、信号合成装置４０に出力する。図６を使用して、位相差の算出方法を説明する。図６は、実施の形態１に係るアンテナ装置が有する複数のアンテナが受信する電波の経路長差を説明する図である。方位角αは、アンテナの指向方向８２をアンテナ設置面に垂直に投影した方位方向成分と機首方向８１との間の角度である。高度角βは、機体垂直方向８３とアンテナの指向方向８２との間の角度である。アンテナユニット３０Ａ，３０Ｂの方位軸の中心間の距離であるユニット間距離を変数Ｌで表す。ユニット間距離Ｌをアンテナの指向方向８２に射影した距離である指向方向距離を変数Ｄで表す。図６の上部の平面図から分かるように、指向方向距離Ｄとユニット間距離Ｌの間には、以下の関係がある。

$$D = L * \cos\alpha \quad (1)$$

[0021] 図６の下部の側面図から分かるように、アンテナ設置面とアンテナの指向方向８２の間の角度もβになる。したがって、アンテナ１Ａ、１Ｂが受信する衛星からの信号の経路長差Ｅは、指向方向距離Ｄとの間に以下の関係がある。

$$E = D * \sin\beta \quad (2)$$

式(1)と式(2)とを組み合わせて、以下の式が得られる。つまり、経路長差Ｅは、方位角αと高度角βとから決まる。

$$E = L * \cos\alpha * \sin\beta \quad (3)$$

アンテナ１Ａ、１Ｂが受信する衛星からの信号の位相差δは、経路長差Ｅを信号の波長λで割ることにより得られる。

[0022] アンテナ装置１００の大きさに関して検討する。図７は、実施の形態１に

係るアンテナ装置のアンテナが設置面に垂直な方向を向いている状態での平面図である。図８は、実施の形態１に係るアンテナ装置の高さが最大になる状態での側面図である。図９は、実施の形態１に係るアンテナ装置の高さが最大になる状態での正面図である。図７から図９は、アンテナ１が機首方向を向いている場合の図である。図９の正面図から分かるように、複数のアンテナユニットを機体の進行方向に並べても、機首向断面積は１個分のアンテナユニットのものとなることが、この発明の特長の１つである。

[0023] アンテナ１の幅を変数W_0で表現し、高さを変数H_0で表現する。アンテナ１の高度角βを変更する高度軸の中心とアンテナ１の電波を受信する開口面との距離（高度軸距離と呼ぶ）を変数d_0で表現する。高度軸３１の中心を含みアンテナ１の開口面に垂直な平面と開口面が交差する直線が開口面を高さ方向に２分するような位置に、高度軸３１は設ける。高度軸３１の中心のアンテナ設置面からの高さは、アンテナ１の高さH_0の半分とする。

[0024] アンテナ１の方位角αを全方位３６０度の範囲で変化させ、高度角βを－９０度から９０度の範囲で変化させた場合に、アンテナ１が存在する可能性がある空間（アンテナ空間と呼ぶ）について検討する。アンテナ空間８４の境界を図８と図９に点線で示す。アンテナ空間８４は円盤状の空間になる。アンテナ空間８４の直径を変数W_1で表現し、高さを変数H_1で表現する。側面図において高度軸３１の中心から最も遠いアンテナ１の開口面の端部と高度軸３１の中心を結ぶ直線がアンテナ設置面と平行になる場合に、アンテナ１の当該端部は方位軸の中心からの距離が最大になる。したがって、アンテナ空間８４の直径W_1は、以下の式で計算できる。なお、図７などの平面図に示すように、方位角変更部３３の直径をアンテナ空間８４の直径と同じにして表現する。

$$W_1=\sqrt{(W_0^2+H_0^2+d_0^2)} \quad (4)$$

ここで、ユニット間距離Ｌは、それぞれのアンテナユニット３０が支障なく回転できるようにする必要があり、以下を満足する必要がある。

$$L \geqq W_1 \quad (5)$$

[0025] 図８に示すように、高度軸３１の中心から最も遠いアンテナ１の開口面の端部が高度軸３１の中心を含みアンテナ設置面に垂直な平面上に位置する時に、当該端部はアンテナ設置面からの距離が最大になる。したがって、アンテナ空間の高さＨ１は、以下の式で計算できる。

$$H_1 = H_0/2 + \sqrt{((H_0/2)^2 + d_0^2)} \quad (6)$$

機首方向から見た場合のアンテナ空間の断面積である機首向断面積を変数S_1で表現すると、S_1は以下の式で計算できる。厳密にはアンテナ空間の断面形状は角が丸いが、簡単のため長方形として計算する。

$$S_1 = W_1 * H_1$$

$$= \sqrt{(W_0^2 + H_0^2 + d_0^2)} * (H_0/2 + \sqrt{((H_0/2)^2 + d_0^2)}) \quad (7)$$

式(7)から分かるように、この発明に係るアンテナ装置では、機首向断面積S_1がアンテナユニット３０間の距離Ｌによらないという特長を持つ。

[0026] この発明により機首向断面積S_1が小さくできることを説明するために、２つの比較例で機首向断面積を計算する。第１の比較例は、同じ開口面積を有する１個のアンテナである。図１０は、第１の比較例としての同じ開口面積を有する１個のアンテナが設置面に垂直な方向を向いている状態での平面図である。図１１は、第１の比較例としての同じ開口面積を有する１個のアンテナの高さが最大になる状態での側面図である。第１の比較例であるアンテナ装置１００Ｘは、１個のアンテナ１Ｘを有する。アンテナ１Ｘの幅はこの実施の形態１と同じW_0であり、高さは２倍の$2H_0$であり、高度軸距離はd_0である。第１の比較例でのアンテナ空間の直径を変数W_2で表現し、アンテナ空間の高さを変数H_2で表現し、機首向断面積を変数S_2で表現する。

第１の比較例でのアンテナ空間の直径W_2、高さH_2および機首向断面積S_2は、以下の式で計算できる。

$$W_2 = \sqrt{(W_0^2 + 4H_0^2 + d_0^2)} \quad (8)$$

$$H_2 = H_0 + \sqrt{(H_0^2 + d_0^2)} \quad (9)$$

$$S_2 = W_2 * H_2$$

$$= \sqrt{(W_0^2 + 4H_0^2 + d_0^2)} * (H_0 + \sqrt{(H_0^2 + d_0^2)}) \quad (10)$$

[0027] 数値例により、この発明により機首向断面積が、第１の比較例よりも小さくなることを示す。アンテナの幅W_0＝1.00ｍ、高さH_0＝0.30ｍ、高度軸距離d_0＝0.10ｍの場合で計算すると、この発明のアンテナ装置１００では以下のようになる。

$W_1=\sqrt{(1.00^2+0.30^2+0.10^2)}=1.049$ｍ

$H_1=0.30/2+\sqrt{((0.30/2)^2+0.10^2)}=0.330$ｍ

$S_1=W_1*H_1=1.049*0.330=0.346$ｍ^2

第１の比較例のアンテナ装置１００Ｘに対して計算すると、以下のようになる。

$W_2=\sqrt{(1.00^2+4*0.30^2+0.10^2)}=1.170$ｍ

$H_2=0.30+\sqrt{(0.30^2+0.10^2)}=0.616$ｍ

$S_2=W_2*H_2=1.170*0.616=0.721$ｍ^2

第１の比較例に対する機首向断面積の減少率γ_2は、以下のようになる。第１の比較例に対して約４８％と半分未満に、機首向断面積を小さくできる。

$\gamma_2=S_1/S_2=0.346/0.721=0.480$

なお、高度軸距離d_0がより小さくなれば、減少率γ_2はより小さくなる。d_0＝０ｍであれば、γ_2＝0.448になる。

[0028] 第２の比較例として、特許文献１のように、１個の方位軸の回りに回転する台座に２個のアンテナを載せる場合について検討する。図１２は、第２の比較例としての２個のアンテナが同じ方位軸の回りを回転するアンテナ装置のアンテナが設置面に垂直な方向を向いている状態での平面図である。第２の比較例のアンテナ装置１００Ｙは、前側のアンテナ１ＹＡと後側のアンテナ１ＹＢとを有する。図１２は、機首方向から見たアンテナの幅が最大になる方向をアンテナ１ＹＡ、１ＹＢが指向している状態である。図１３は、第２の比較例としての２個のアンテナが同じ方位軸の回りを回転するアンテナ装置の高さが最大になる状態での側面図である。アンテナ１ＹＡ、１ＹＢはアンテナ１Ａ、１Ｂと同じである。ここで、２個のアンテナ１ＹＡ、１ＹＢの間には、間隔Ｌが存在する。

[0029] 第２の比較例でのアンテナ空間の直径を変数W_3で表現し、アンテナ空間の高さを変数H_3で表現し、機首向断面積を変数S_3で表現する。

第２の比較例でのアンテナ空間の直径W_3、高さH_3および機首向断面積S_3は、以下の式で計算できる。

$$W_3=\sqrt{(W_0^2+(L+\sqrt{(H_0^2+d_0^2)})^2)} \quad (11)$$

$$H_3=H_1=H_0/2+\sqrt{((H_0/2)^2+d_0^2)} \quad (12)$$

$$S_3=W_3*H_3$$
$$=\sqrt{(W_0^2+(L+\sqrt{(H_0^2+d_0^2)})^2)}$$
$$*(H_0/2+\sqrt{((H_0/2)^2+d_0^2)}) \quad (13)$$

[0030] 第１の比較例と同様に、アンテナの幅W_0＝1.00ｍ、高さH_0＝0.30ｍ、高度軸距離d_0＝0.10ｍの場合で計算する。アンテナ間の距離Ｌは、この発明と比較できるようにＬ＝W_1として計算する。なお、この発明に係るアンテナ装置の場合には、アンテナユニット３０が回転できるように、アンテナユニット間の距離Ｌは、アンテナ空間の直径W_1以上である必要がある。

Ｌ＝W_1の場合での第２の比較例について計算した結果は、以下のようになる。

$$W_3=\sqrt{(1.00^2+(1.049+\sqrt{(0.30^2+0.10^2)})}=1.692\text{m}$$

$$H_3=H_1=0.330\text{m}$$

$$S_3=W_3*H_3=1.692*0.330=0.558\text{m}^2$$

[0031] Ｌ＝W_1の場合では、第２の比較例に対する機首向断面積の減少率γ_3は、以下のようになる。第２の比較例に対して約６２％に、機首向断面積を小さくできる。

$$\gamma_3=S_1/S_3=0.346/0.6558=0.620$$

Ｌ＝W_1の場合の第２の比較例は、低仰角での遮蔽がこの発明と同程度であると想定する場合である。この発明の方が、機首向断面積を第２の比較例の半分近くまで小さくできることが分かる。

[0032] Ｌ＝１．５W_1の場合には、第２の比較例のアンテナ空間の幅W_3は、W_3＝2.177ｍになる。この発明でのアンテナ空間の幅W_1はユニット間距離Ｌに依存

しないので、Ｌ＝１．５W_1としても変化しない。よって、Ｌ＝１．５W_1の場合には、γ３＝0.4818と半分未満になる。低仰角でのアンテナの遮蔽が少なくなるように、ユニット間距離Ｌを大きくするほど、第２の比較例と比較した場合のこの発明の機首向断面積の減少率が大きくなる。

[0033] このように、この発明によれば、同じ開口面の面積を有する従来のアンテナ装置と比較して、機首向断面積を低減できる。ここでは、アンテナを２つに分割した場合を示したが、３個以上に分割する場合にも、機首向断面積を低減できる。

[0034] 次に、この発明では、アンテナが低仰角を指向する場合に、方位角により前方のアンテナが後方のアンテナを遮蔽する面積が変化し、全体として遮蔽を低減できることを示す。図１４は、実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの遮蔽が発生している状態を説明する図である。図１４では、上側の平面図に示すように、遮蔽が発生している遮蔽部分８５が存在する。遮蔽部分８５には、ハッチングを施している。

[0035] アンテナ装置１００で、アンテナの指向方向から見た際の前後のアンテナが重複する部分の高さを、重複高さと呼ぶ。また、アンテナが重複する部分の幅を、重複幅と呼ぶ。重複高さを変数G_{H1}で表現し、重複幅を変数G_{W1}で表現し、遮蔽部分の面積を変数G_{S1}で表現する。

[0036] 図１４の下部の側面図に示すように、機体面垂直方向８３とアンテナ指向方向８２との間の角度が高度角βなので、アンテナ１Ａ、１Ｂの上端を結ぶ線とアンテナの開口面との間の角度もβとなる。したがって、アンテナ１Ａの上端のすぐ上を通る電波は、アンテナ１Ｂの開口面の上端からＬ＊ｃｏｓα＊ｃｏｓβだけ下の位置に到達する。この位置とアンテナ１Ｂの上端との間の距離が、アンテナ１Ｂの高さH_0以上であれば、前後のアンテナは指向方向から見て重ならない。よって、重複高さG_{H1}は以下の式で計算できる。

$$G_{H1}=\max(0,\ H_0-L*\cos\alpha*\cos\beta) \qquad (14)$$

[0037] 第２の比較例で遮蔽が発生する最小の高度角を遮蔽開始高度角と呼び、変数βs0で表す。遮蔽開始高度角βs0は、この発明のアンテナ装置１００にお

いて、方位角αが０度の場合に高さ方向で重複する部分が発生する最小の高度角でもある。遮蔽開始高度角βs0は、以下の式で計算できる。

$$\beta s0 = \cos^{-1}(H_0/L) \quad (15)$$

高さ方向で重複する部分が発生する高度角βにおいて、高さ方向で重複する部分が発生する方位角αである遮蔽開始方位角α_Sは、以下の式で計算できる。

$$\alpha_S = 0 \quad \text{for } \beta \geqq \beta s0 \quad (16)$$

$$\alpha_S = \cos^{-1}(H_0/(L*\cos\beta)) \quad \text{for } \beta < \beta s0 \quad (17)$$

[0038] 図１４の上部の平面図に示すように、指向方向８２の方位方向の成分（アンテナの指向方向８２をアンテナ設置面に投影した方向）と機首方向８１との間の角度は、方位角αである。アンテナ１Ａ、１Ｂの図における左上の角どうしを結ぶ線分の長さはユニット間距離Ｌとなり、この線分は機首方向８１と平行である。アンテナ１Ａの図における上端を通り指向方向８２に平行な直線とアンテナ１Ｂとの交点は、アンテナ１Ｂの図における上端から、Ｌ＊ｓｉｎαだけ図における下側の距離の位置に存在する。このアンテナ１Ａにより遮蔽される範囲の境界が、アンテナ１Ｂの開口面よりも図における下側に位置する場合に、重複幅G_{W1}はゼロになる。よって、重複幅G_{w1}は以下の式で計算できる。

$$G_{W1} = \max(0, W_0 - L*\sin\alpha) \quad (18)$$

[0039] 式(18)から、方位角αが大きいと、アンテナの幅方向での前後のアンテナ間で重複する部分が存在しないことが分かる。前後のアンテナが幅方向で重複する部分が発生する最大の方位角αである遮蔽終了方位角α_Fは、以下の式で計算できる。ユニット間距離Ｌを大きくするほど、遮蔽終了方位角α_Fが小さくなる。

$$\alpha_F = \sin^{-1}(W_0/L) \quad (19)$$

式(19)に示すように、方位角αが大きい、すなわち航空機の進行方向と指向方向の方位角成分との角度差が大きい場合に、高度角βによらず遮蔽が発生しないことが、従来技術にはなかったこの発明の特長である。

[0040] 式(14)と式(18)を組合せると、遮蔽部分の面積G_{S1}は、以下の式で計算できる。

$$G_{S1}=G_{H1}*G_{W1}$$
$$=\max(0,\ H_0-L*\cos\alpha*\cos\beta)$$
$$*\max(0,\ W_0-L*\sin\alpha) \quad (20)$$

[0041] $\alpha_S \geqq \alpha_F$になると遮蔽が発生しなくなるので、遮蔽が発生する高度角βには下限が存在する。どこかの方位角αで遮蔽が発生する高度角βの下限である遮蔽下限高度角βsmは、以下の式で計算できる。

$$\beta sm=\cos^{-1}(H_0/\sqrt{(L^2-W_0^2)}) \quad (21)$$

[0042] 実施の形態１の遮蔽部分の面積G_{S1}を計算する式(20)には、方位角αも含まれる。つまり、方位角αが変化すると、遮蔽部分の面積G_{S1}が変化する。アンテナの遮蔽部分の面積G_{S1}のそのアンテナの開口面積に対する割合を遮蔽率と呼び、変数$K_1(\alpha,\beta)$で表現する。遮蔽を考慮したアンテナ全体のアンテナ利用率を、変数$M_1(\alpha,\beta)$で表現する。遮蔽率$K_1(\alpha,\beta)$とアンテナ利用率$M_1(\alpha,\beta)$は、以下の式で計算できる。遮蔽部分の面積G_{S1}も、方位角αと高度角βの関数であることを示すため$G_{S1}(\alpha,\beta)$と表記する。

$$K_1(\alpha,\beta)=G_{S1}(\alpha,\beta)/(H_0*W_0) \quad (22)$$

$$M_1(\alpha,\beta)=1.0-0.5*K_1(\alpha,\beta) \quad (23)$$

[0043] 第２の比較例のアンテナ装置での遮蔽面積について検討する。第２の比較例のアンテナ装置での重複高さを変数G_{H2}で表現し、重複幅を変数G_{W2}で表現し、遮蔽部分の面積を変数G_{S2}で表現する。第２の比較例では、指向方向距離Ｄは方位角αによらずＬで一定である。そのため、重複高さG_{H2}は、以下の式で計算できる。

$$G_{H2}=\max(0,\ H_0-L*\cos\beta) \quad (24)$$

第２の比較例では、方位軸の回りに回転しても常に前方のアンテナの指向方向の真後ろに後方のアンテナが存在する。そのため、重複幅G_{W2}は、以下の式で計算できる。

$$G_{W2}=W_0 \quad (25)$$

したがって、遮蔽部分の面積変数G_{S2}は、以下の式で計算できる。

$$G_{S2}=G_{H2}*G_{W2}$$
$$=\max(0,\ H_0-L*\cos\beta)*W_0 \quad (26)$$

[0044] 第２の比較例のアンテナ装置での遮蔽面積G_{H2}は高度角βに依存し方位角αに依存しないので、遮蔽率K_2とアンテナ利用率M_2は、高度角βだけの関数として、以下のように表現できる。

$$K_2(\beta)=G_{S2}(\beta)/(H0*W0) \quad (27)$$
$$M_2(\beta)=1.0-0.5*K_2(\beta) \quad (28)$$

[0045] アンテナ装置１００では、遮蔽開始高度角β_{s0}では、$0<\alpha<\alpha_F$の範囲では遮蔽が発生する。第２の比較例のアンテナ装置では、遮蔽開始高度角β_{s0}では、方位角αによらず、遮蔽は発生しない。したがって、高度角βが遮蔽開始高度角β_{s0}付近では、方位角によっては、この発明のアンテナ装置の遮蔽率の方が第２の比較例よりも大きくなる場合がある。図１５を使用して、方位角αによりどの程度、この発明のアンテナ装置のアンテナ利用率が低下するかを説明する。図１５は、実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの遮蔽が発生する高度角でのアンテナの方位角とアンテナ利用率の関係を説明する図である。図１５では、高度角βは、$L=W_1$の場合の遮蔽開始高度角β_{s0}（＝７９．５度、仰角で１０．５度）である。実線で示すグラフ９１は、この発明のアンテナ利用率M_1である。破線で示すグラフ９２は、第２の比較例でのアンテナ利用率M_2である。図１５から分かるように、方位角αが４０度付近で、この発明のアンテナ利用率M_1が約９６％まで低下する。アンテナ利用率M_1の低下しても、約９６％以上を確保できれば、運用上で問題ではない。

[0046] 高度角βがより大きい場合として、高度角βが、$L=1.5W_1$の場合のアンテナ装置１００の遮蔽開始高度角β_{s0}（＝８２．３度、仰角で７．７度）である場合を図１６に示す。図１６は、実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの遮蔽が発生する別の高度角でのアンテナの方位角とアンテナ利用率の関係を説明する図である。図１６において、実線で示すグラフ９３は、ア

ンテナ装置１００（Ｌ＝W_1の場合）のアンテナ利用率M_1である。破線で示すグラフ９４は、第２の比較例のアンテナ利用率M_2である。一点鎖線で示すグラフ９５は、アンテナ装置１００（Ｌ＝１．５W_1の場合）のアンテナ利用率M_1である。アンテナ装置１００（Ｌ＝W_1の場合）のアンテナ利用率M_1は、方位角αが０度では約８４％に低下する。しかし、αが大きくなるとアンテナ利用率M_1はほぼ直線状に大きくなり、αが約７１度以上ではアンテナ利用率は１００％になる。アンテナ装置１００（Ｌ＝１．５W_1の場合）のアンテナ利用率M_1は、αが約４０度以下の範囲で、最も低下した場合で約９８％まで低下する。第２の比較例でのアンテナ利用率M_2は、方位角αによらず、約８４％である。この発明により、方位角αが大きい場合にアンテナ利用率が改善することが分かる。この発明では、ユニット間距離Ｌを大きくすると、機首向断面積を大きくすることなく、アンテナ利用率の低下を小さくできることが分かる。

[0047] 方位角αの分布確率がどの方位でも同じと仮定して、異なる方位角αでの遮蔽部分の面積G_{S1}の平均により、遮蔽部分の面積の大きさを評価する。

遮蔽部分の平均面積G_{SA}は、下に示す式で計算できる。なお、方位角αに関しては、前後のアンテナの位置関係は、正負対称かつ９０度(＝π／２[rad])に対しても対称なので、αの積分範囲は０からπ／２[rad]とする。

$$G_{SA}=(1/\pi)\int G_{S1}\,d\alpha \qquad (29)$$

[0048] 導出の過程は省略するが、どこかの方位角αで遮蔽が発生する高度角β（≧βsm）での遮蔽部分の平均面積G_{SA}は、以下の式で計算できる。

$$\begin{aligned}G_{SA}=&(2/\pi)*H_0*W_0\\&*(\alpha_F-\alpha_S-(L/W_0)*(\cos\alpha_S-\cos\alpha_F)\\&-(W_0/H_0)*(\cos\beta/2)\\&+(L*\cos\beta/H_0)*\sin\alpha_S\\&-(L^2*\cos\beta/(2H_0*W_0))*\sin^2\alpha_S) \qquad (30)\end{aligned}$$

方位角αが０度で高さ方向に重複する部分が発生する高度角β（≧βs0）での遮蔽部分の平均面積G_{SA}は、以下の式で計算できる。

$$G_{SA}=(2/\pi)*H_0*W_0 *(\alpha_F-(L/W_0)*(1-\cos\alpha_F)-(W_0/H_0)*(\cos\beta/2)) \quad (31)$$

[0049] 遮蔽部分の平均面積G_{SA}から求める遮蔽率K_{A1}とアンテナ利用率M_{A1}を以下のように定義する。

$$K_{A1}(\beta)=G_{SA}(\beta)/(H_0*W_0) \quad (32)$$

$$M_{A1}(\beta)=1.0-0.5*K_{A1}(\beta) \quad (33)$$

[0050] 遮蔽部分の平均面積が仰角に対してどのように変化するかを考察する。図１７は、実施の形態１に係るアンテナ装置でアンテナの方位角を変化させて平均したアンテナ利用率と仰角の関係を説明する図である。図１７において、実線で示すグラフ９６は、アンテナ装置１００（$L=W_1$の場合）のアンテナ利用率M_{A1}である。破線で示すグラフ９７は、第２の比較例（$L=W_1$の場合）のアンテナ利用率M_2である。一点鎖線で示すグラフ９８は、アンテナ装置１００（$L=1.5W_1$の場合）のアンテナ利用率M_{A1}である。二点鎖線で示すグラフ９９は、第２の比較例（$L=1.02H_0$の場合）のアンテナ利用率M_2である。$L=1.02H_0$の場合は、第２の比較例での機首向断面積をできるだけ小さくする場合である。なお、$L=1.02H_0$としている理由は、アンテナには厚みがあるので、$L=H_0$の場合には、隣接するアンテナが干渉して、アンテナが設置面垂直方向を向くことができないからである。

[0051] $L=W_1$の場合での第２の比較例のアンテナ利用率M_2は、仰角が１６度（高度角βで７４度）より小さくなると急激に低下して、仰角が０度（高度角βで９０度）では、５０％まで低下する。また、$L=1.02H_0$の場合では、仰角が８０度（高度角βで１０度）ぐらいから低下しはじめ、サインカーブで減少して仰角が３０度（高度角βで６０度）では、７５％まで低下する。第２の比較例では、機首向断面積を小さくすると前後のアンテナの間の遮蔽が大きくなる。仰角が１６度（高度角βで７４度）以上では遮蔽が発生しないようにすると、機首向断面積がこの発明の場合の１．５倍程度になる。このように、第２の比較例では、機首向断面積の減少と遮蔽の発生を抑制する

こととが、トレードオフの関係にある。

[0052] これに対して、この発明ではＬ＝W_1の場合は、仰角が０度（高度角βで９０度）でもアンテナ利用率M_{A1}が約８３％となる。これは、方位角αが大きいと遮蔽が発生せず、遮蔽が発生する場合でも遮蔽面積が小さくなるからである。さらに、Ｌ＝１．５W_1にすると、仰角が０度（高度角βで９０度）でもアンテナ利用率M_{A1}が９０％以上を維持できる。

このように、この発明では、前後のアンテナを別の方位軸で回転させることにより、方位角が大きくなると、前後のアンテナの重なりが発生しなくなる。そのため、第２の比較例よりも、この発明の方が、アンテナが低仰角を指向する場合のアンテナの遮蔽による有効な開口面の面積の減少が小さくなる。すなわち、アンテナの利用率すなわちアンテナ利得が低下する場合でも、アンテナ利得を許容できる下限以上にある状態を維持できる。

[0053] この発明によれば、仰角が０度に近いすなわち低仰角をアンテナが指向している場合でも、アンテナ利用率が８０％程度以上を確保できることが分かる。第２の比較例ではアンテナ利用率の低下が大きくなる低仰角の場合に、この発明によるアンテナ利用率の改善率が大きくなる。第２の比較例でアンテナの遮蔽が始まる付近の高度角では、この発明の方がアンテナ利用率が低下するが、最大に低下した場合でも９６％程度は確保できるので、アンテナ装置の運用上では問題にならない。

[0054] この実施の形態では、衛星からの電波を受信するアンテナ装置について説明したが、送受共用のアンテナ装置でも、受信に関してはこの発明を適用できる。航空機の場合で説明したが、車両、船舶など他の種類の移動体に対しても適用できる。高速で移動し、空気抵抗抗力をできるだけ小さくする必要がある移動体に適用すれば、この発明の効果は大きくなる。車両に搭載する場合でも、アンテナを搭載した状態での車高を低くする必要がある場合には、この発明が有効である。航空機以外の移動体の場合でも、移動体の進行方向から見たアンテナ装置の断面積を機首向断面積と呼ぶ。

[0055] ２個のアンテナユニットを使用する場合を示したが、３個以上のアンテナ

ユニットを使用してもよい。アンテナユニットおよびアンテナはすべて同じものである方が、機首向断

[0056] 面積を最小化できる、製造コストを低減できるなどの点で有利である。しかし、必ずしもすべて同じアンテナユニットでなくてもよい。アンテナユニットとしては異なる部分がある場合でも、アンテナは同じ大きさである方が望ましい。アンテナ装置を設置する空間に制約がある場合は、制約に合わせて異なる大きさのアンテナユニットを使用してもよい。例えば、最も機首側のアンテナユニットだけを小さくするなどしてもよい。複数のアンテナユニットを機首方向に平行に配置したが、ずれ角が小さければ、平行でなくてもよい。

[0057] ３個以上のアンテナユニットを使用する場合には、各アンテナユニットの方位軸の中心が１直線上にある方が機首向断面積を最小化できるので望ましい。直線からの方位軸のずれがそれほど大きくなければ、１直線上でなくてもよい。すべてのアンテナユニットを通る直線が引けるように、アンテナユニットを１列に配置すればよい。ユニット間距離は同じである方が望ましいが、同じでなくてもよい。

以上のことは、他の実施の形態にもあてはまる。

[0058] 実施の形態２

実施の形態２は、アンテナが受信した電波から生成したアナログ信号をデジタル信号に変換してから合成する場合である。図１８は、この発明の実施の形態２の機能ブロック図である。実施の形態１の場合の図５と異なる点だけを説明する。

[0059] アンテナ装置１００Ａは、アンテナユニット３０Ａに対して設けられた周波数変換器８ＡおよびＡ／Ｄ変換器９Ａ、アンテナユニット３０Ｂに対して設けられた周波数変換器８ＢおよびＡ／Ｄ変換器９Ｂを有する。周波数変換器８Ａは、アンテナユニット３０Ａが出力する信号をより低い周波数に周波数変換して出力する。Ａ／Ｄ変換器９Ａは、周波数変換器８Ａから出力されるアナログの受信信号をデジタル受信信号にアナログデジタル変換して、デ

ジタル受信信号を出力する。同様に、周波数変換器８Ｂは、アンテナユニット３０Ｂが出力する信号をより低い周波数に周波数変換して出力する。Ａ／Ｄ変換器９Ｂは、周波数変換器８Ｂから出力される受信信号をアナログデジタル変換して、デジタル受信信号を出力する。Ａ／Ｄ変換器９は、周波数変換器８から出力される受信信号を決められたサンプリング周期で決められたビット数のデジタル信号であるデジタル受信信号に変換する連続離散変換器である。

[0060] アンテナ装置１００Ａは、位相差算出部４が算出する位相差に基づき、Ａ／Ｄ変換器９ＡおよびＡ／Ｄ変換器９Ｂから出力される受信信号のデジタル受信信号を、位相を合わせて電子的に合成演算する復調演算部１５を有する。

[0061] 周波数変換器８は、衛星からの受信信号の周波数をより低い周波数に周波数変換し、後段のＡ／Ｄ変換器９でデジタル受信信号に変換しやすくする。

[0062] 復調演算部１５は、Ａ／Ｄ変換器９ＡおよびＡ／Ｄ変換器９Ｂから出力されるデジタル受信信号を、位相差算出部４が算出する位相差を用いて、位相を変化させる位相シフト演算を行ってから加算することで受信信号の合成を行った後に、データの復調演算を実行する。

[0063] 実施の形態２は、受信信号の合成がデジタル信号に対する信号処理でなされるため、位相器が不要になり装置が簡素化される。また、アナログ信号を処理する位相器に比べて、デジタル信号を処理する場合には、位相を移動できる範囲が大きくなる。

[0064] なお、本願発明はその発明の精神の範囲内において各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の変形や省略が可能である。

符号の説明

[0065] １００、１００Ａ、１００Ｘ、１００Ｙ　アンテナ装置

３０Ａ、３０Ｂ　アンテナユニット

７０　機体

７１Ａ、７１Ｂ　機体固定部（移動体固定部）

１Ａ、１Ｂ、１Ｘ、１ＹＡ、１ＹＢ　アンテナ

２Ａ、２Ｂ　増幅器

３Ａ、３Ｂ　アンテナ駆動部

３１Ａ、３１Ｂ　高度軸

３２Ａ、３２Ｂ　高度角変更部

３３Ａ、３３Ｂ　方位角変更部

３４　駆動制御部

４　位相差算出部

５　方向指令値生成部

４０　信号合成装置

６Ａ、６Ｂ　位相器

７　合成器

５０　復調装置

８１　機首方向

８２　指向方向

８３　機体面垂直方向

８４　アンテナ空間

８５　遮蔽部分

９１、９２、９３、９４、９５、９６，９７、９８、９９　グラフ

８Ａ、８Ｂ　周波数変換器

９Ａ、９Ｂ　Ａ／Ｄ変換器９Ａ

１５　復調演算部

請求の範囲

[請求項1] 衛星からの電波を受信して受信信号を生成するアンテナと、前記アンテナが向く方向である指向方向を変更するアンテナ駆動部とを有し、一列に配置された複数のアンテナユニットと、

前記衛星が存在する方向と前記指向方向とが一致するように、前記アンテナ駆動部に与えられる指令値である方向指令値を生成する方向指令値生成部と、

複数の前記アンテナが生成する前記受信信号の位相の差である位相差を算出する位相差算出部と、

前記位相差に基づき複数の前記受信信号を合成する信号合成装置とを備えたアンテナ装置。

[請求項2] 前記アンテナユニットは、前記アンテナ駆動部を移動体に固定する移動体固定部を有し、

前記方向指令値生成部は、前記移動体の位置および姿勢と前記衛星の位置に基づき前記方向指令値を生成することを特徴とする請求項１に記載のアンテナ装置。

[請求項3] 前記アンテナ駆動部は、前記アンテナの長手方向に平行な高度軸の回りに前記アンテナを回転可能に支持する高度角変更部と、前記高度軸に垂直な方位軸の回りに前記高度角変更部を前記移動体固定部に対して回転可能に支持する方位角変更部とを有することを特徴とする請求項２に記載のアンテナ装置。

[請求項4] 複数の前記アンテナユニットは、前記移動体の進行方向に平行な一本の直線上にそれぞれの前記方位軸が存在するように配置されることを特徴とする請求項３に記載のアンテナ装置。

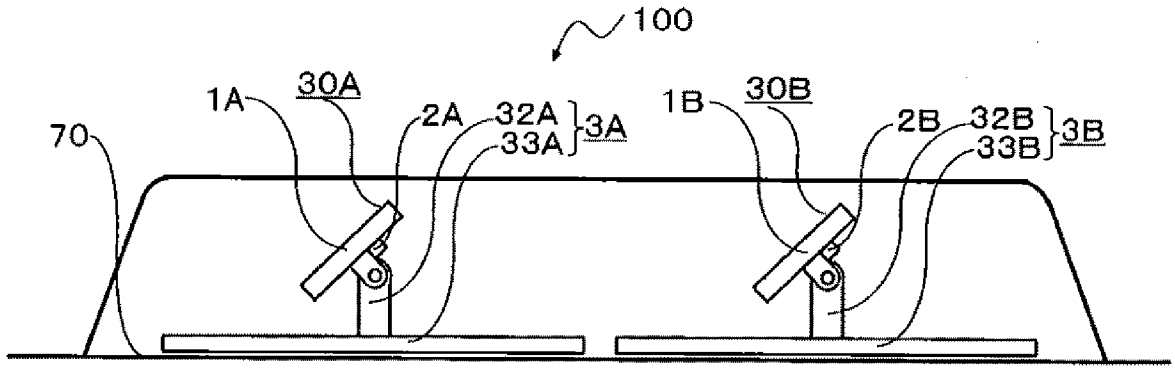
[請求項5] 複数の前記アンテナユニットが有する前記アンテナが同じ大きさであることを特徴とする請求項１から請求項４までの何れか１項に記載のアンテナ装置。

[請求項6] 前記信号合成装置は、前記位相差に基づき複数の前記受信信号の位

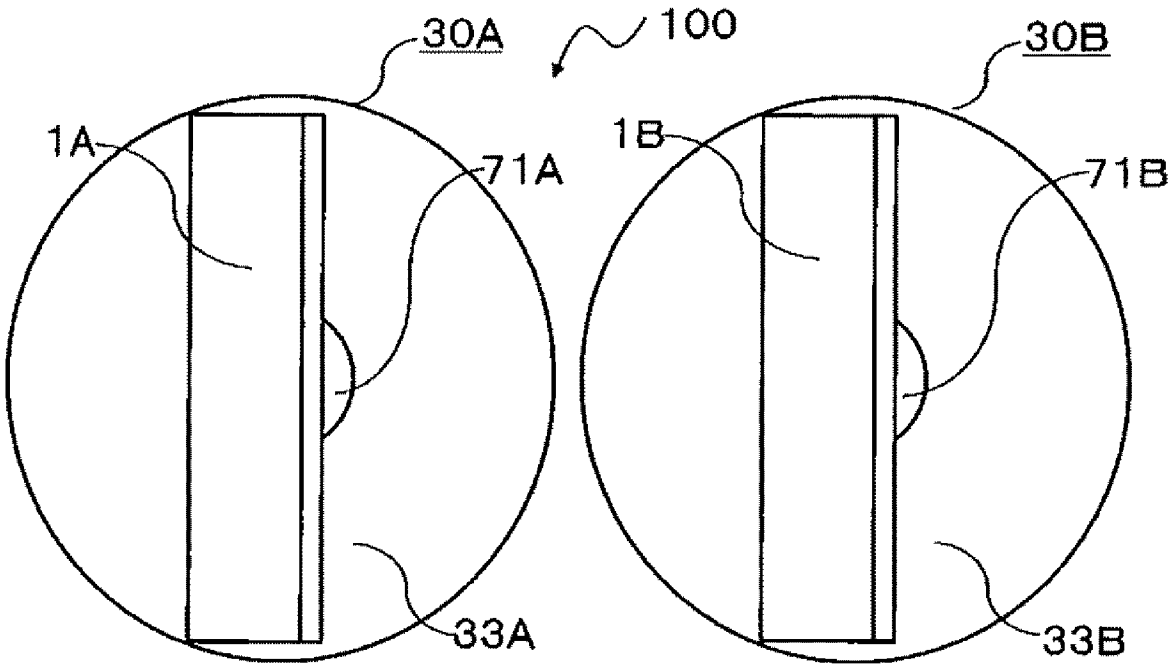
相を合わせることができるように設けられた位相器と、前記位相器が出力する位相が調整された前記受信信号を合成する合成器とを有することを特徴とする請求項１から請求項５までの何れか１項に記載のアンテナ装置。

[請求項7] 前記信号合成装置は、前記受信信号を決められたサンプリング周期で決められたビット数のデジタル信号であるデジタル受信信号に変換する前記アンテナごとに設けられた複数の連続離散変換器と、複数の前記デジタル受信信号を前記位相差に基づいて合成する復調演算部とを有することを特徴とする請求項１から請求項５までの何れか１項に記載のアンテナ装置。

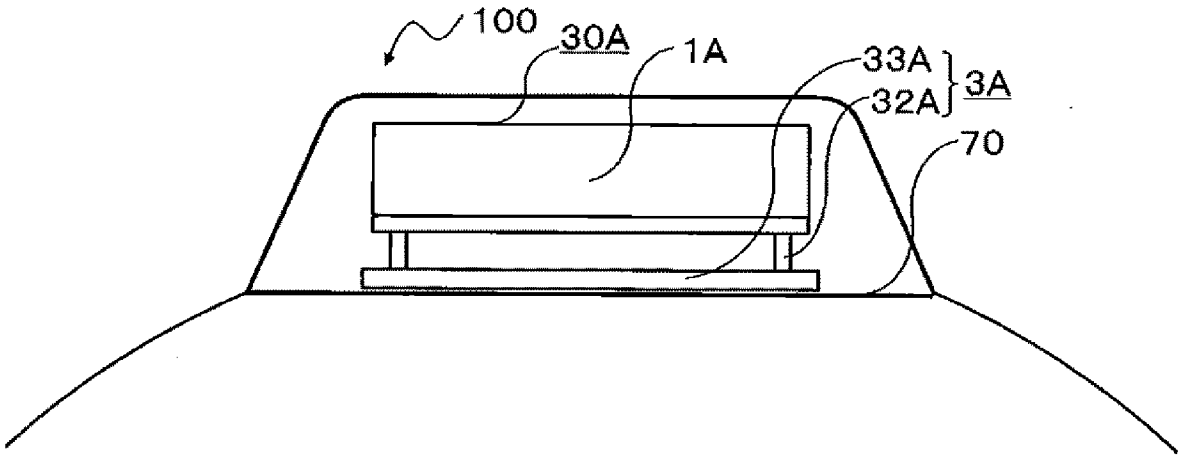
[図1]


100
1A
30A
2A
32A
33A
3A
70
1B
30B
2B
32B
33B
3B

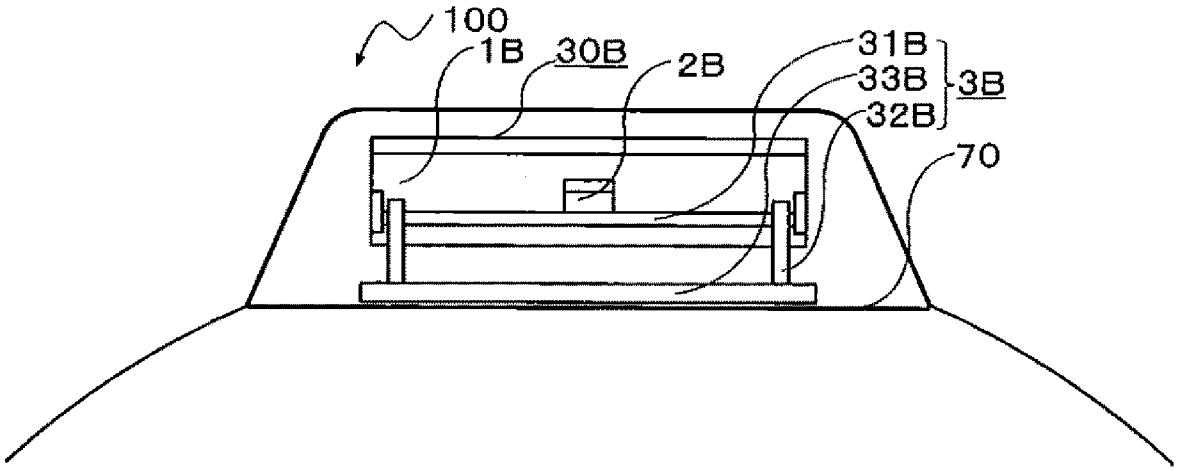
[図2]


30A
100
30B
1A
71A
1B
71B
33A
33B

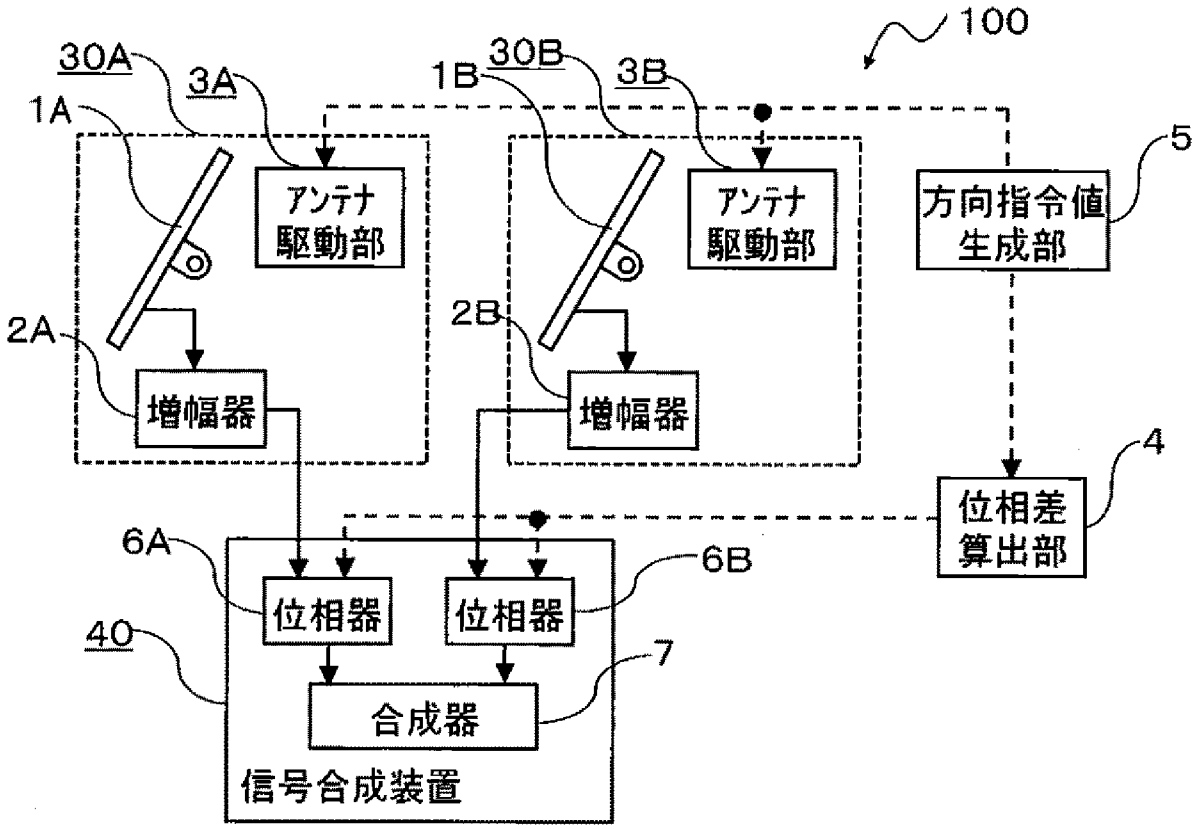
[図3]


100
30A
1A
33A
32A
3A
70

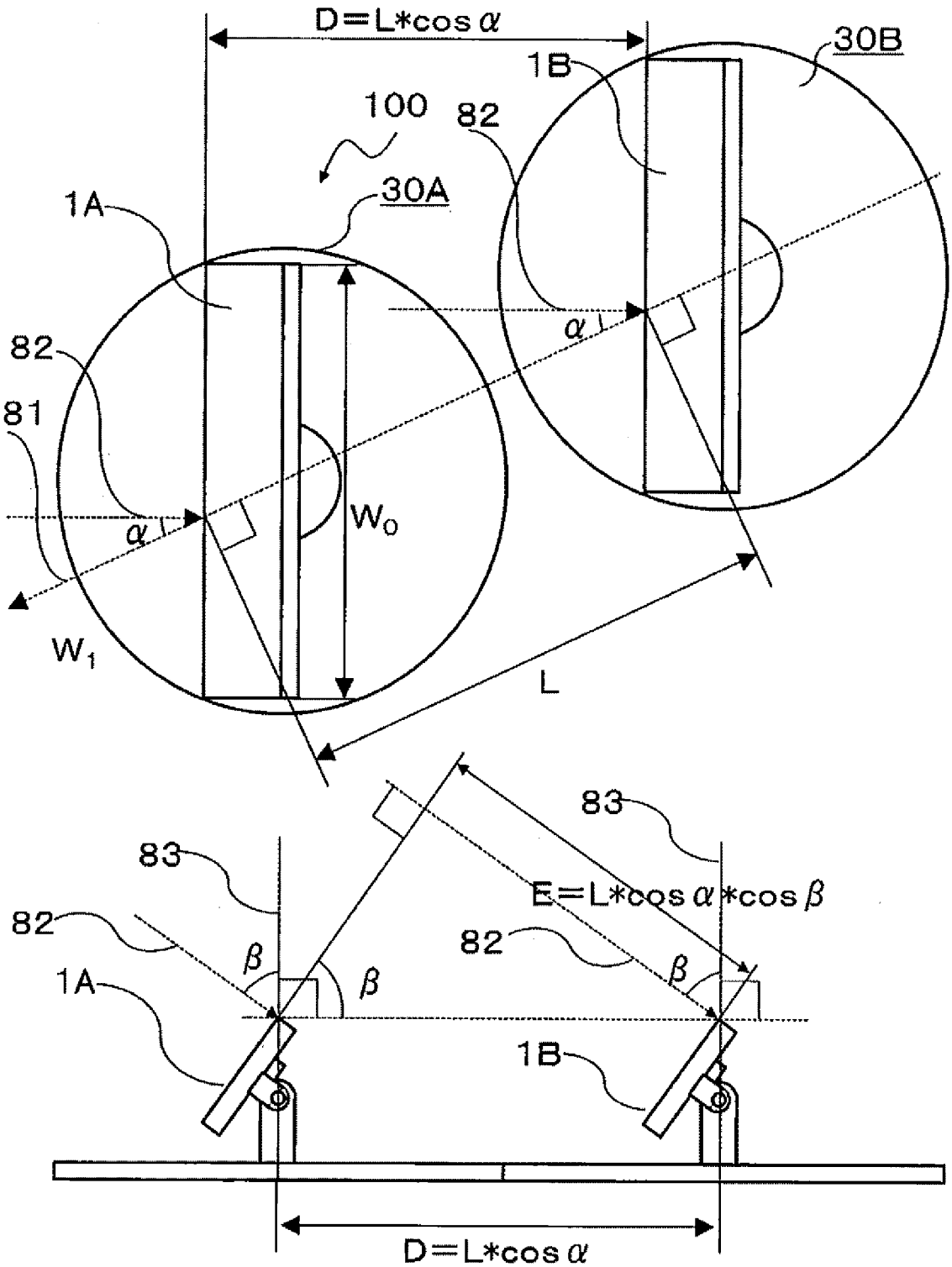
[図4]


100
1B
30B
2B
31B
33B
32B
3B
70

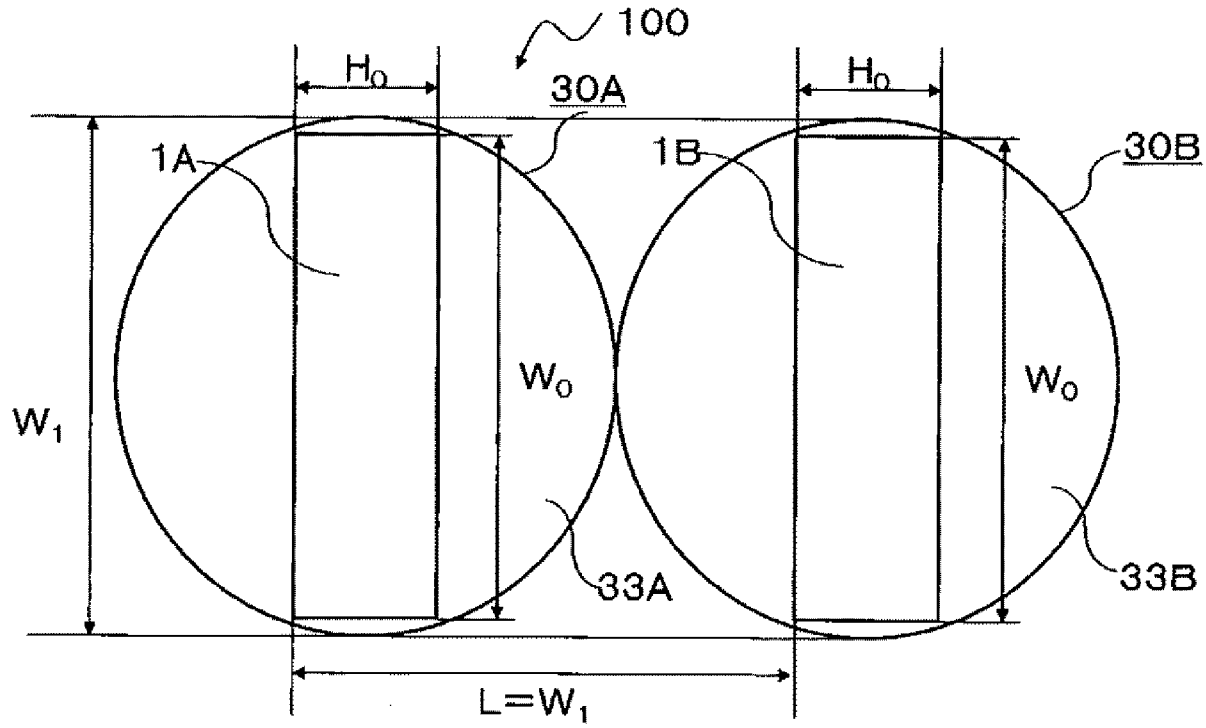
[図5]


100
30A
3A
1A
30B
1B
3B
アンテナ駆動部
アンテナ駆動部
方向指令値生成部
5
2A
2B
増幅器
増幅器
4
位相差算出部
6A
6B
位相器
位相器
40
7
合成器
信号合成装置

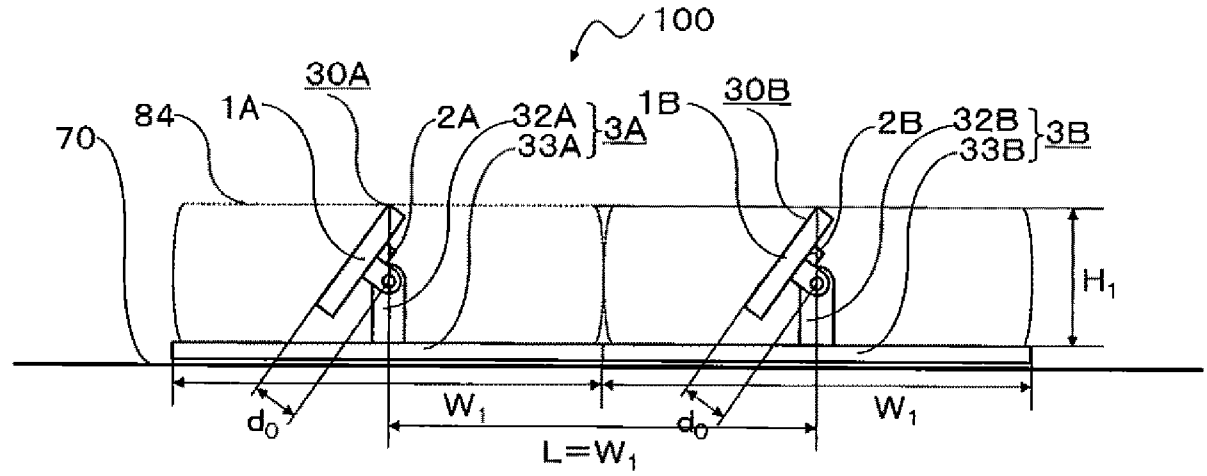
[図6]


D=L*cos α
30B
1B
100
82
30A
1A
α
82
81
α
W0
W1
L
83
83
E=L*cos α*cos β
82
82
β
β
β
1A
1B
D=L*cos α

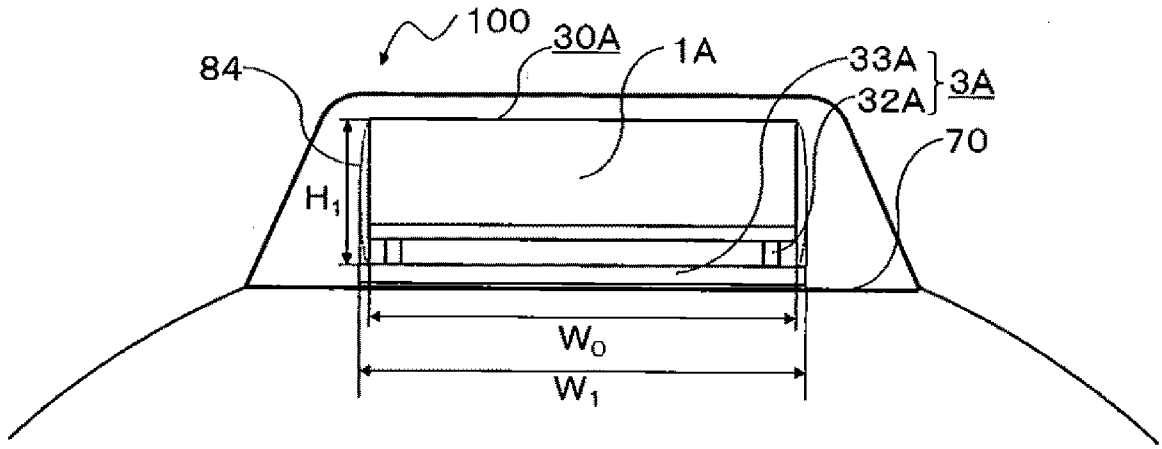
[図7]


100
H_0
30A
H_0
1A
1B
30B
W_0
W_0
W_1
33A
33B
$L=W_1$

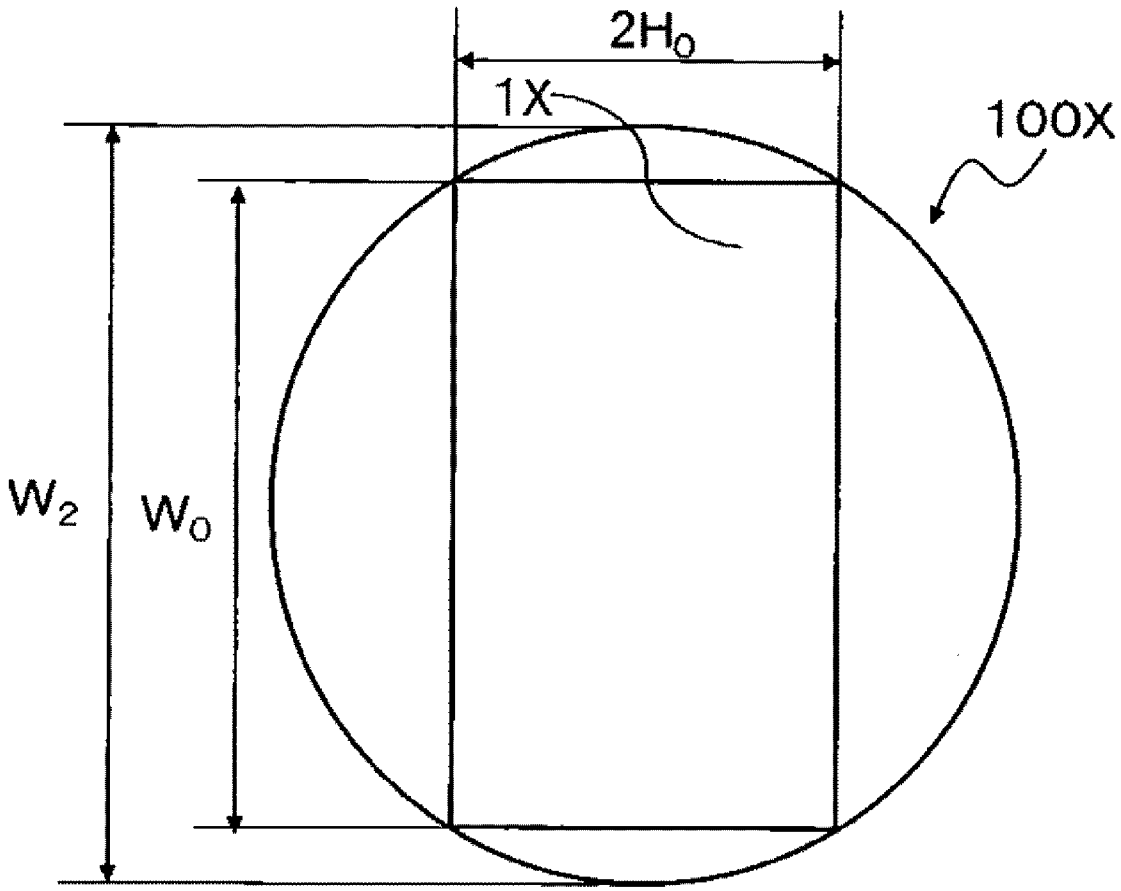
[図8]


100
30A
84
1A
2A
32A
3A
33A
1B
30B
2B
32B
3B
33B
70
H_1
d_0
W_1
d_0
W_1
$L=W_1$

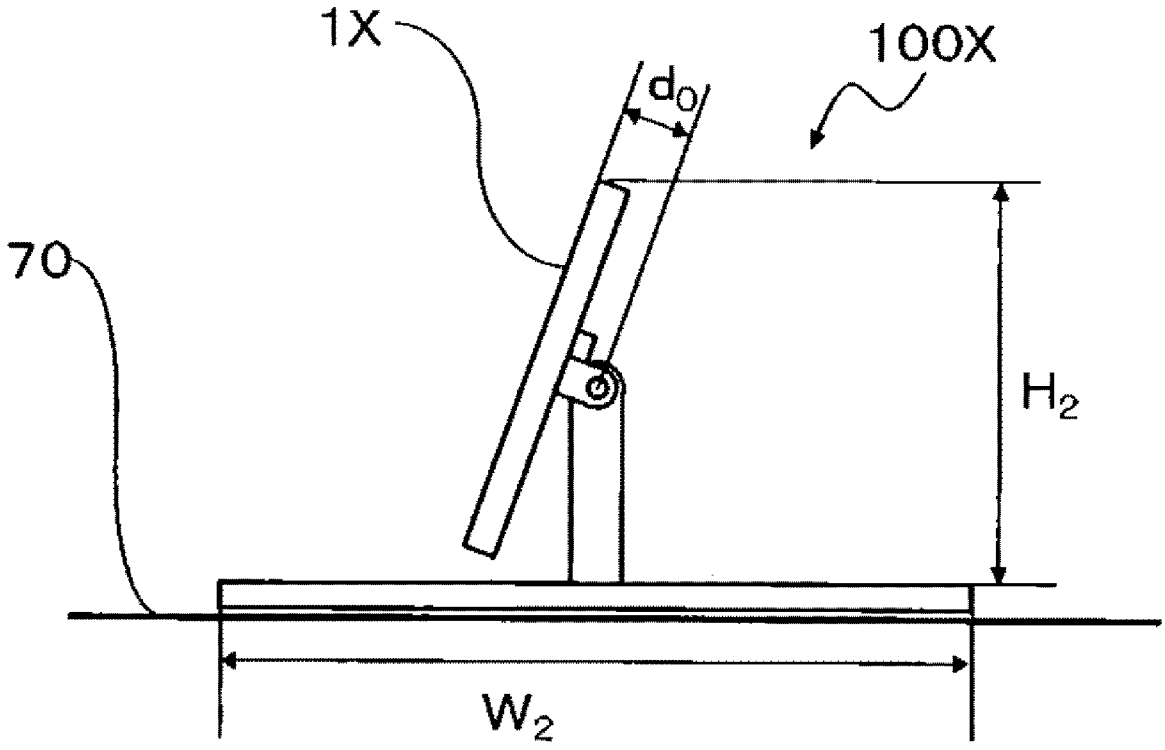
[図9]


100
30A
1A
84
33A
32A
3A
70
H_1
W_0
W_1

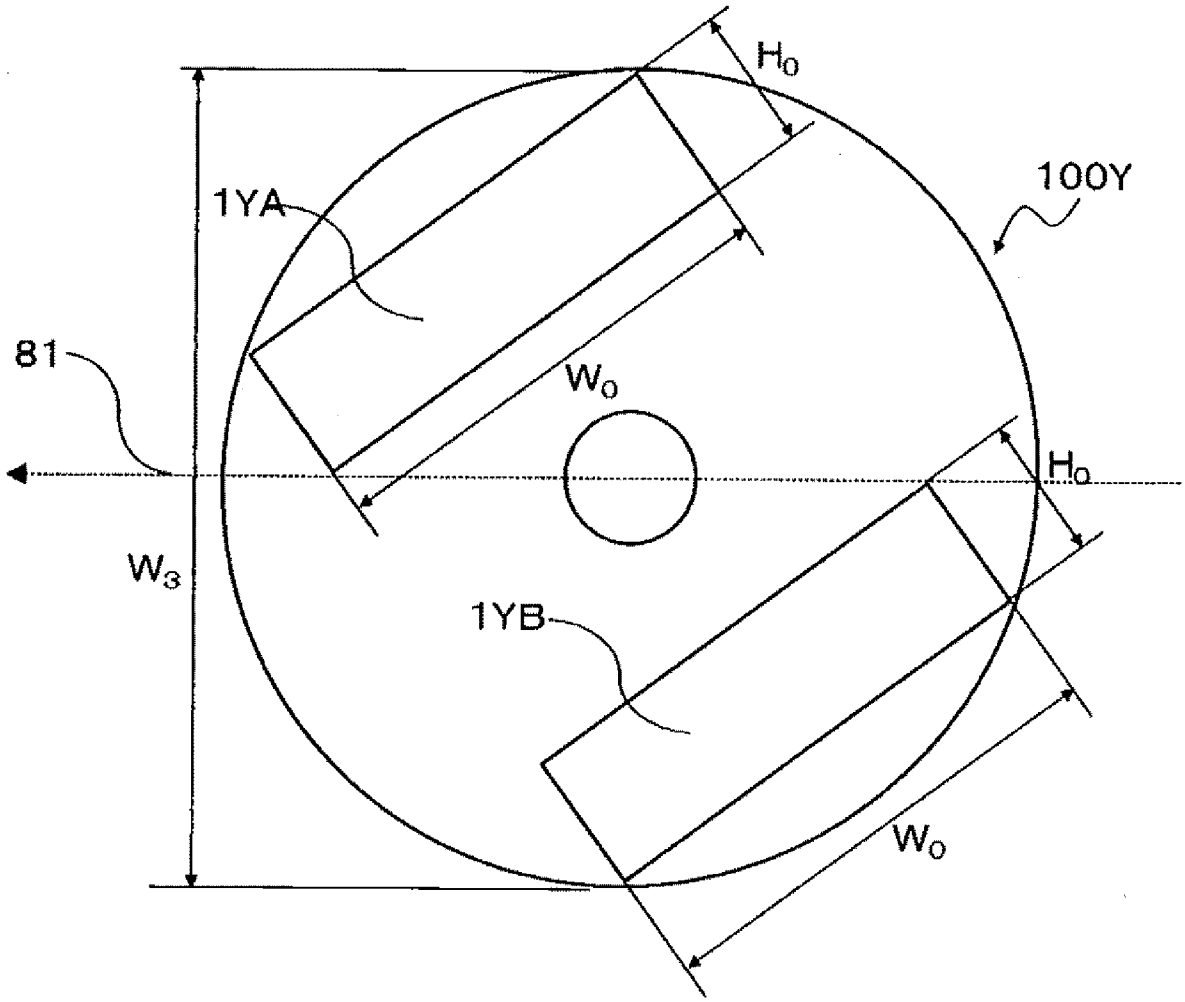
[図10]



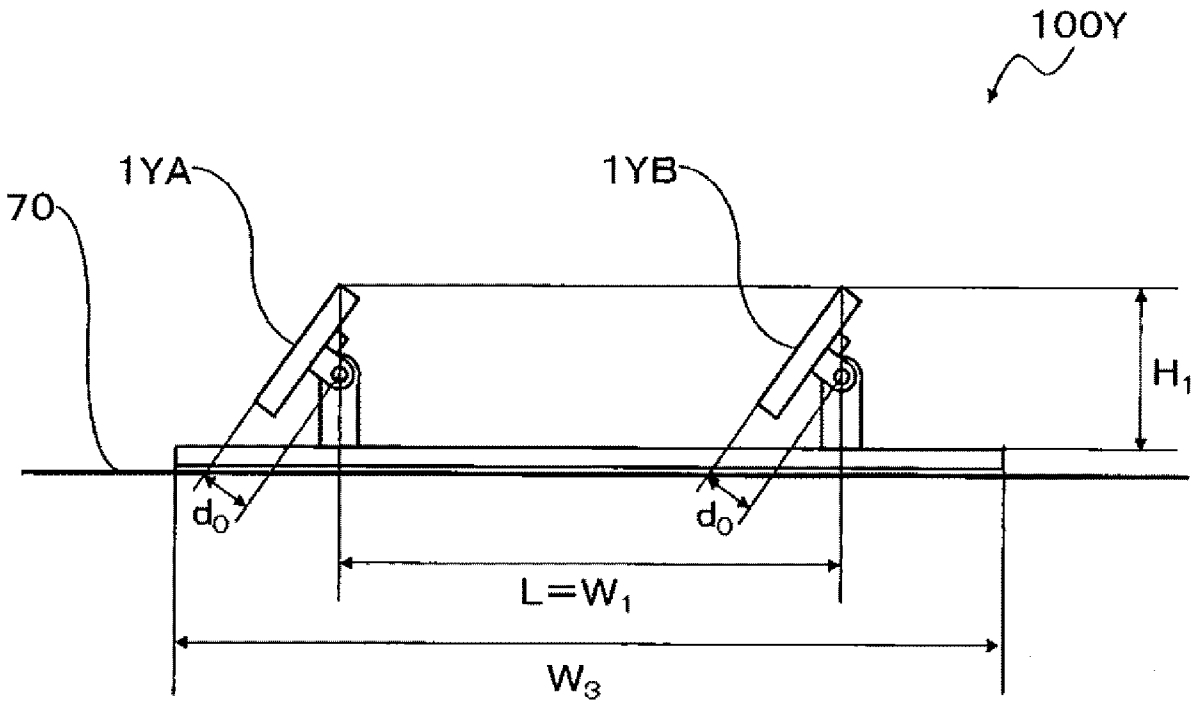
[図11]



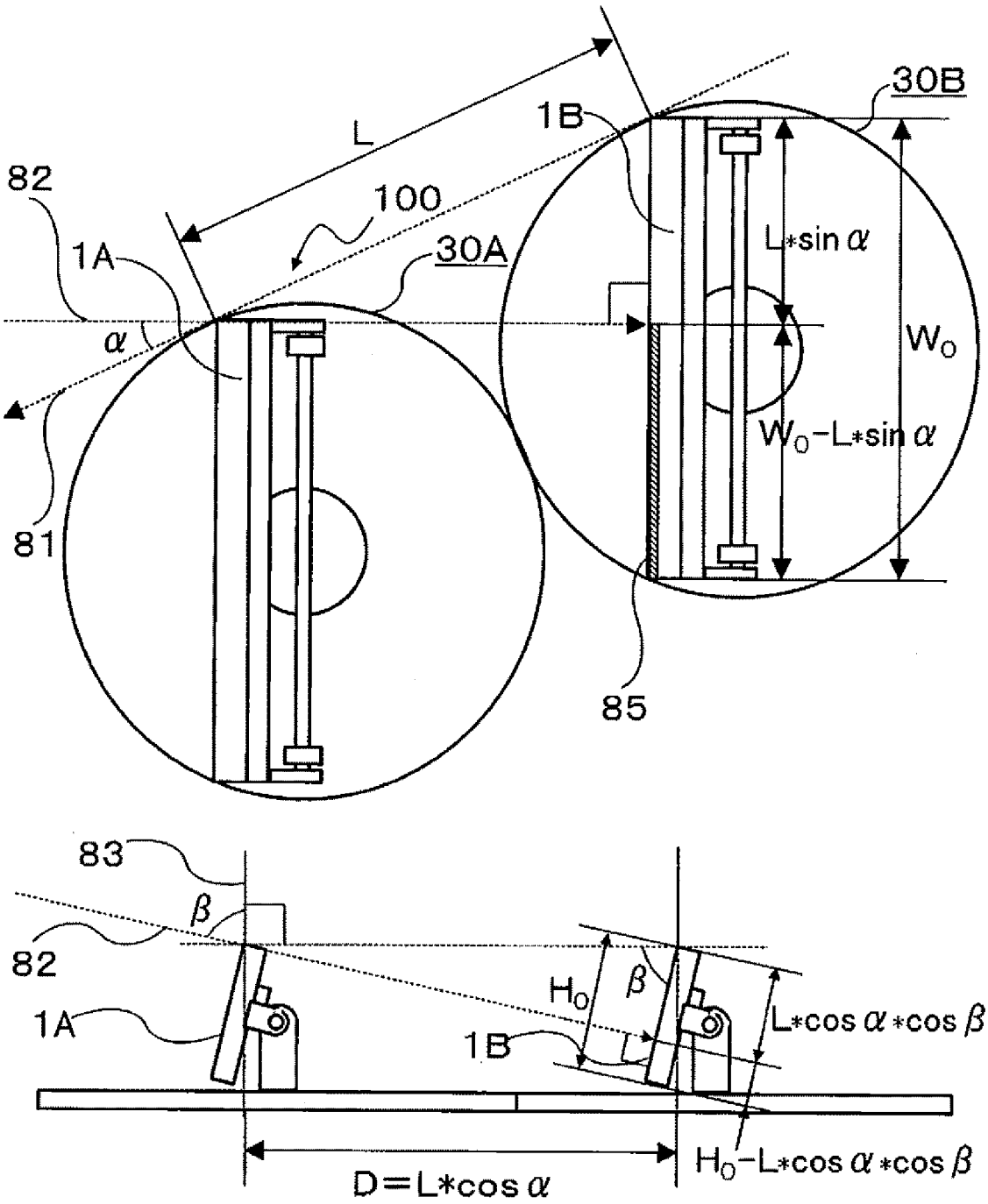
[図12]



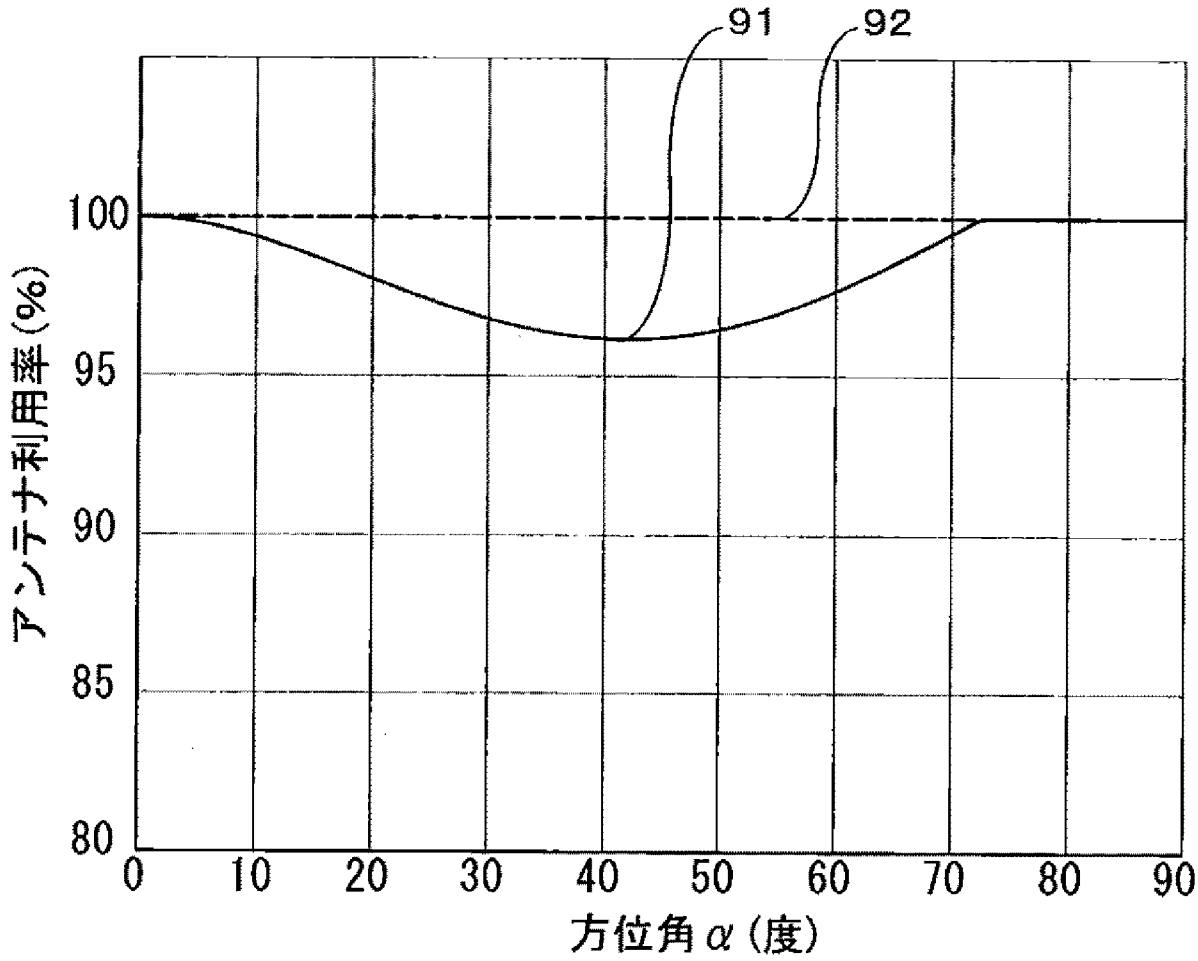
[図13]



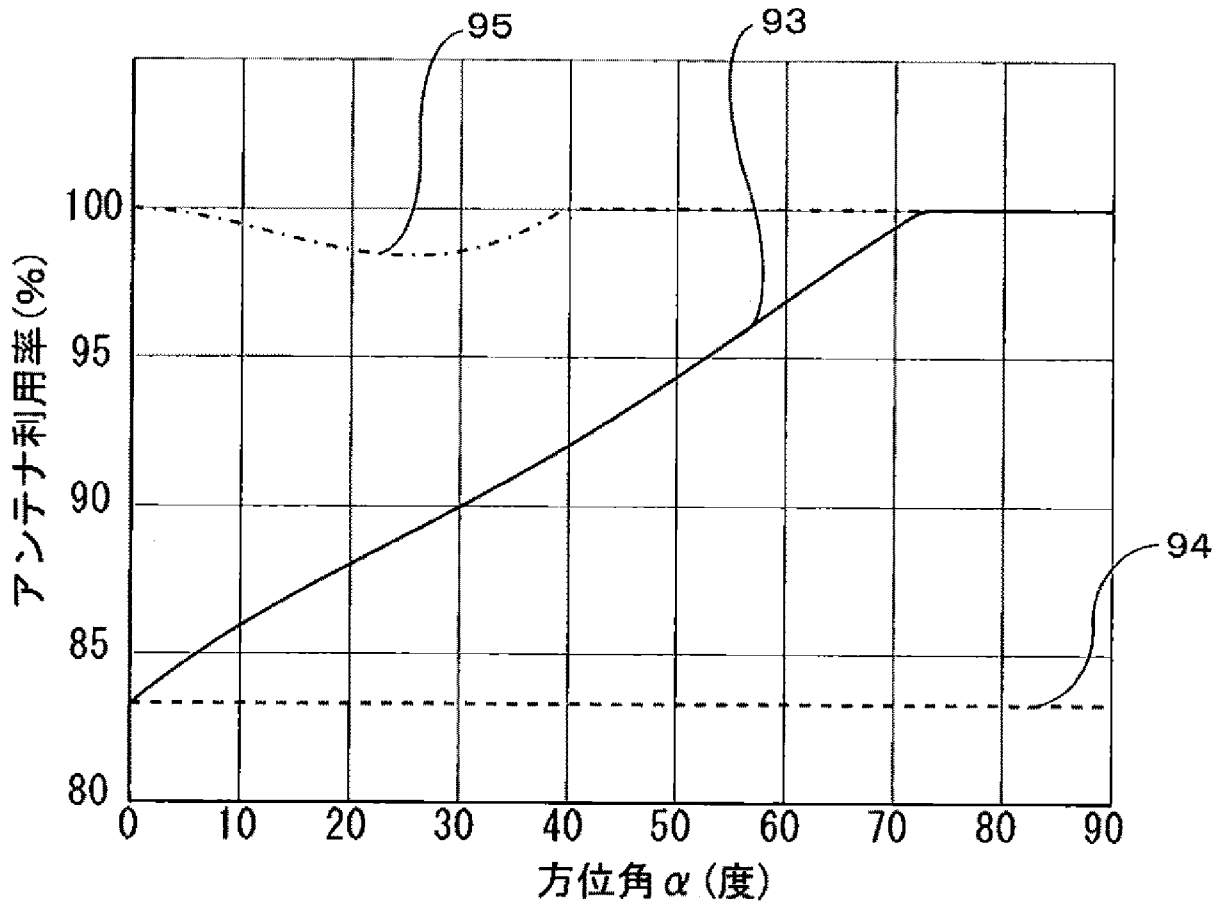
[図14]


L
100
82
1A
α
81
30A
1B
30B
L*sin α
W0
W0−L*sin α
85
83
β
82
1A
H0
β
1B
L*cos α*cos β
H0−L*cos α*cos β
D=L*cos α

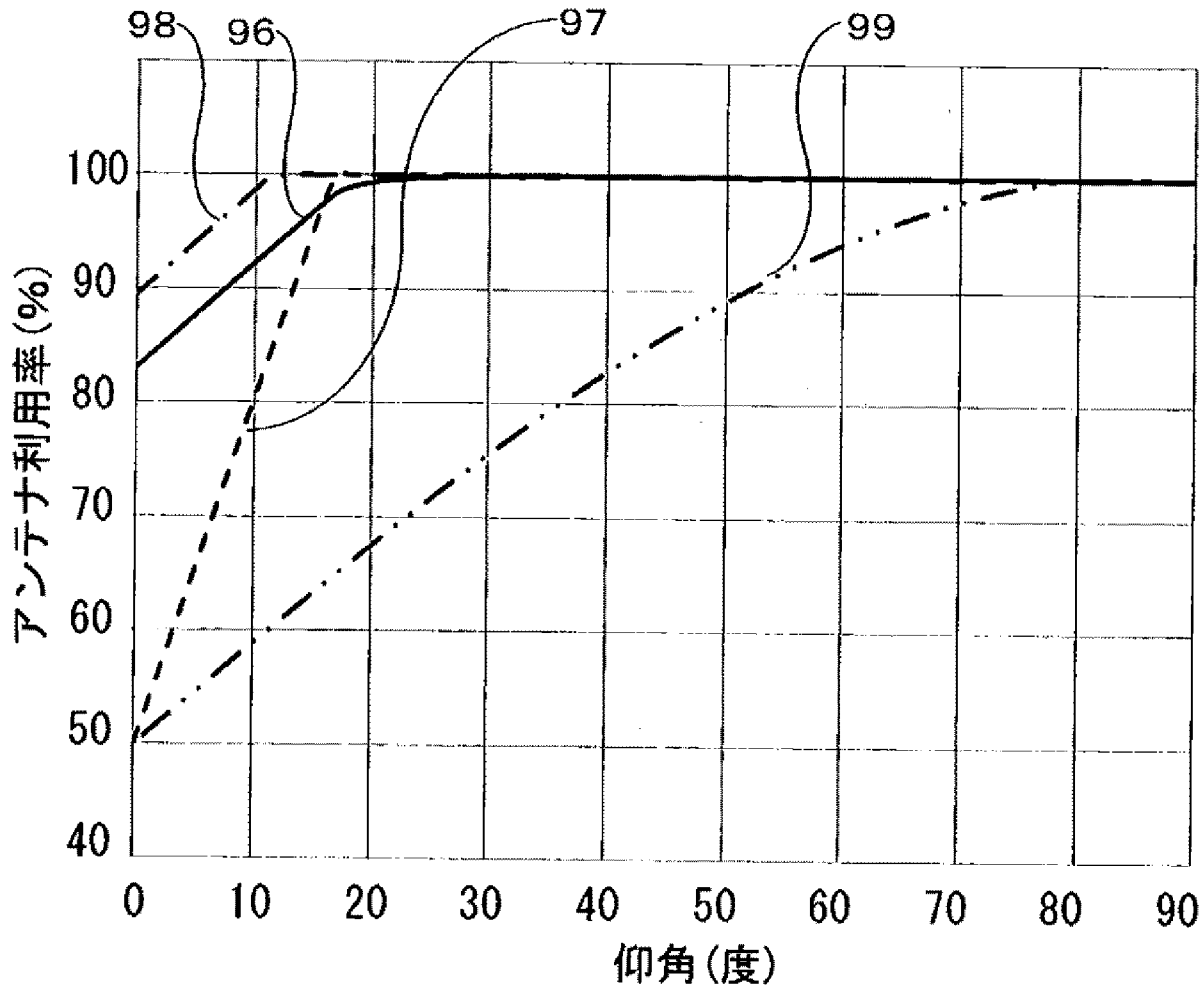
[図15]



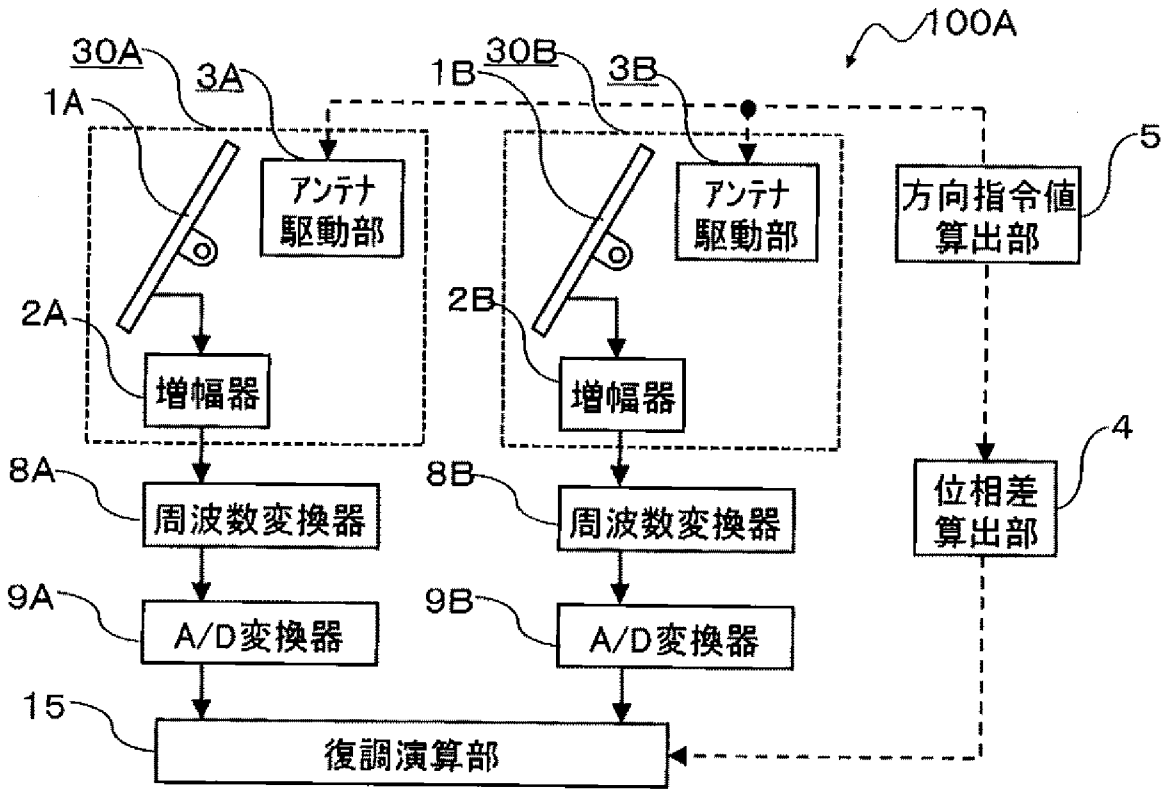
[図16]



[図17]


98
96
97
99
100
90
80
70
60
50
40
アンテナ利用率(%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
仰角(度)

[図18]


100A
30A
3A
1A
アンテナ駆動部
2A
増幅器
8A
周波数変換器
9A
A/D変換器
30B
3B
1B
アンテナ駆動部
2B
増幅器
8B
周波数変換器
9B
A/D変換器
方向指令値算出部
5
位相差算出部
4
15
復調演算部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/065873

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01Q21/06(2006.01)i, *H01Q3/08*(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01Q21/06, H01Q3/08

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	JP 2005-510104 A (EMS Technologies Inc.), 14 April 2005 (14.04.2005), paragraphs [0020] to [0031]; fig. 1 to 6 & US 2003/0090416 A1 & WO 2003/043124 A1 & EP 1456903 A & CA 2466743 A & BR 214195 A & CN 1602564 A & AT 403949 T & MX PA04004447 A	1-7
Y	JP 2014-187489 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 02 October 2014 (02.10.2014), paragraphs [0032] to [0062]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-7
Y	JP 3767372 B2 (Mitsubishi Electric Corp.), 19 April 2006 (19.04.2006), paragraphs [0014] to [0068]; fig. 1 to 5 & JP 2002-158525 A	2-7

☒ 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
26 June 2015 (26.06.15)	07 July 2015 (07.07.15)

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

International application No.
PCT/JP2015/065873

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-250921 A (Alpine Electronics, Inc.), 27 September 1996 (27.09.1996), paragraph [0015]; fig. 1 (Family: none)	4-7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６５８７３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01Q21/06(2006.01)i, H01Q3/08(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01Q21/06, H01Q3/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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	JP 2005-510104 A (イーエムエス　テクノロジイーズ　インコーポレーテッド) 2005.04.14, 段落[0020]-[0031], 図 1-6 & US 2003/0090416 A1 & WO 2003/043124 A1 & EP 1456903 A & CA 2466743 A & BR 214195 A & CN 1602564 A & AT 403949 T & MX PA04004447 A	1-7
Y	JP 2014-187489 A (古野電気株式会社) 2014.10.02, 段落[0032]-[0062], 図 1-4 (ファミリーなし)	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
２６．０６．２０１５	０７．０７．２０１５

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）　５Ｋ　９３７８
富澤　哲生
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６

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	JP 3767372 B2（三菱電機株式会社）2006.04.19, 段落[0014]-[0068], 図 1-5 & JP 2002-158525 A	2-7
Y	JP 8-250921 A（アルパイン株式会社）1996.09.27, 段落[0015], 図 1（ファミリーなし）	4-7