

(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15日(15.12.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/199202 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01Q 3/26 (2006.01) G01S 13/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066514
- (22) 国際出願日: 2015年6月8日(08.06.2015)
- (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: 加藤 泰典(KATO, Yasunori); 〒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). 近岡 繁(CHIKAOKA,

Shigeru); 〒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). 高橋徹(TAKAHASHI, Toru); 〒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). 高橋 龍平(TAKAHASHI, Ryuhei); 〒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).

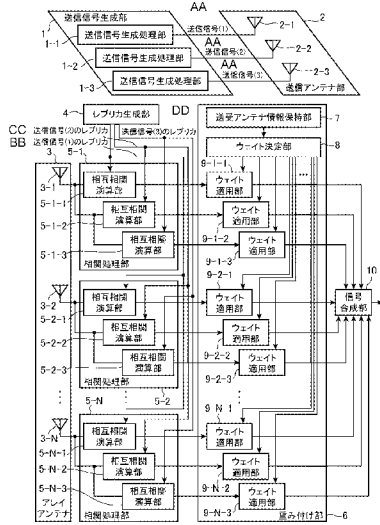
(74) 代理人: 田澤 英昭, 外(TAZAWA, Hideaki et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5階 Tokyo (JP).

(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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SENSOR APPARATUS

(54) 発明の名称: センサ装置



(57) Abstract: This sensor apparatus is provided with: correlation processing units 5-1 (5-2,..., 5-N) that perform cross-correlation processing on replicas of a plurality of transmission signals orthogonal to each other and reception signals of reception antenna elements 3-1 (3-2,..., 3-N), and output a plurality of post-cross-correlation-processing signals; and a weighting unit 6 that, in accordance with the arrangement of transmission antennas 2-1 to 2-3 and the reception antenna elements 3-1 to 3-N and an antenna directional pattern, weights the plurality of post-cross-correlation-processing signals output from the correlation processing units 5-1 to 5-N, and a signal combining unit 10 combines the plurality of post-cross-correlation-processing signals that have been weighted by the weighting unit 6.

(57) 要約: 互いに直交している複数の送信信号のレプリカと受信アンテナ素子3-1 (3-2, ..., 3-N) の受信信号との相互相関処理を実施して、複数の相互相関処理後の信号を出力する相関処理部5-1 (5-2, ..., 5-N) と、送信アンテナ2-1~2-3及び受信アンテナ素子3-1~3-Nの配置とアンテナ指向性パターンにしたがって相関処理部5-1~5-Nから出力された複数の相互相関処理後の信号に重み付けを行う重み付け部6とを設け、信号合成部10が、重み付け部6により重み付けが行われた複数の相互相関処理後の信号を合成する。

- 1 Transmission-signal generation unit
- 1-1, 1-2, 1-3 Transmission-signal generation processing unit
- 2 Transmission antenna unit
- 3 Array antenna
- 4 Replica generation unit
- 5-1, 5-2, 5-N Cross-correlation processing unit
- 5-1-1, 5-1-2, 5-1-3, 5-2-1, 5-2-2, 5-2-3, 5-N-1, 5-N-2, 5-N-3 Cross-correlation computing unit
- 6 Weighting unit
- 7 Transmission-reception antenna information holding unit
- 8 Weight determination unit
- 9-1-1, 9-1-2, 9-1-3, 9-2-1, 9-2-2, 9-2-3, 9-N-1, 9-N-2, 9-N-3 Weight application unit
- 10 Signal combining unit
- AA Transmission signal
- BB Replica of transmission signal (1)
- CC Replica of transmission signal (2)
- DD Replica of transmission signal (3)

WO 2016/199202 A1



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.

ロシア (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).

(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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称 : センサ装置**

### 技術分野

[0001] この発明は、例えば、移動体や静止物体などの観測対象の位置や速度などを観測するレーダ装置が、レーダ信号を送受信する際に用いるセンサ装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] センサ装置におけるアンテナの指向性パターンが、所望の指向性パターンとなるようにするために、従来より、アレイアンテナを構成している複数のアンテナ素子の受信信号に対する重み付けの方法や、複数のアンテナ素子を配置する方法などが広く検討されている。

例えば、以下の特許文献1には、アレイアンテナをサブアレイに分割し、サブアレイ単位で重み付けを行うことで、サイドローブを低減する方法が開示されている。

また、以下の特許文献2には、アレイアンテナを構成している複数のアンテナ素子の間隔をフィボナッチ数列にしたがって決定することで、サイドローブを低減する方法が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1 : 特開平1-129509号公報

特許文献2 : 特表2013-509066号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のセンサ装置は以上のように構成されているので、サイドローブを低減することが可能であるが、アンテナの指向性を高めるために、1つ以上の受信アンテナ素子からなるアレイアンテナの開口長を仮想的に広げることができないという課題があった。

[0005] この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、複数の受信アンテナ素子からなるアレイアンテナの開口長を仮想的に広げることができるセンサ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

[0006] この発明に係るセンサ装置は、互いに直交している複数の送信信号を生成する送信信号生成部と、複数の送信アンテナから送信信号生成部により生成された送信信号を空間に放射する送信アンテナ部と、複数の送信アンテナから放射された後、観測対象に反射された送信信号の反射波を受信する1つ以上の受信アンテナ素子からなるアレイアンテナと、複数の送信信号と受信アンテナ素子の受信信号との相互相関処理を実施して、複数の相互相関処理後の信号を出力する複数の相関処理部と、送信アンテナ及び受信アンテナ素子の配置とアンテナ指向性パターンにしたがって複数の相関処理部から出力された複数の相互相関処理後の信号に重み付けを行う重み付け部とを設け、信号合成部が、重み付け部により重み付けが行われた複数の相互相関処理後の信号を合成するようにしたものである。

### 発明の効果

[0007] この発明によれば、互いに直交している複数の送信信号と受信アンテナ素子の受信信号との相互相関処理を実施して、複数の相互相関処理後の信号を出力する複数の相関処理部と、送信アンテナ及び受信アンテナ素子の配置とアンテナ指向性パターンにしたがって複数の相関処理部から出力された複数の相互相関処理後の信号に重み付けを行う重み付け部とを設け、信号合成部が、重み付け部により重み付けが行われた複数の相互相関処理後の信号を合成するように構成したので、1つ以上の受信アンテナ素子からなるアレイアンテナの開口長を仮想的に広げることができる効果がある。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]この発明の実施の形態1によるセンサ装置を示す構成図である。

[図2]センサ装置の一部がコンピュータで構成される場合のハードウェア構成図である。

[図3]この発明の実施の形態1によるセンサ装置の処理内容を示すフローチャートである。

[図4]送信アンテナ及び受信アンテナ素子の配置と、相互相関処理後のアンテナ開口とを示す説明図である。

[図5]相互相関処理後のアンテナ開口に適用する任意の関数がコサイン分布であるときのウェイトの振幅分布を示す説明図である。

[図6]この発明の実施の形態1によるセンサ装置により得られる指向性パターンの一例を示す説明図である。

[図7]送信アンテナ及び受信アンテナ素子の配置と、相互相関処理後のアンテナ開口とを示す説明図である。

[図8]相互相関処理後のアンテナ開口に適用する任意の関数がコサイン分布であるときのウェイトの振幅分布を示す説明図である。

[図9]この発明の実施の形態3によるセンサ装置を示す構成図である。

[図10]送信アンテナ2-1~2-3の指向性パターンの一例を示す説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための形態について、添付の図面にしたがって説明する。

[0010] 実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1によるセンサ装置を示す構成図である。

図1において、送信信号生成部1は互いに直交している複数の送信信号を生成し、複数の送信信号を送信アンテナ部2に出力する。

図1の例では、送信信号生成部1が3つの送信信号生成処理部1-1~1-3を備え、互いに直交している3つの送信信号を生成しているが、これは一例に過ぎず、互いに直交している2つ以上の送信信号を生成するものであればよい。

[0011] 送信信号生成処理部1-1~1-3は、互いに異なる時間、互いに異なる周波数及び互いに異なる符号のうち、いずれか1つ又は複数を用いて、互い

に直交している送信信号（１）～（３）を生成する。

例えば、互いに異なる符号を用いて、互いに直交している送信信号（１）～（３）を生成する方法として、バーカーコード、M系列、コールド系列などの直交している複数の符号系列によって送信信号を変調することで、互いに直交している送信信号（１）～（３）を生成するものが考えられる。

また、互いに異なる周波数を用いて、互いに直交している送信信号（１）～（３）を生成する方法として、互いに直交している搬送波であるサブキャリアで送信信号を変調することで、互いに直交している送信信号（１）～（３）を生成するものが考えられる。

また、互いに異なる時間を用いて、互いに直交している送信信号（１）～（３）を生成する方法として、送信信号（１）～（３）の生成時刻を変えることで、送信信号（１）～（３）の送信時刻を変えるものが考えられる。

[0012] 送信アンテナ部２は送信アンテナ２－１～２－３から構成されており、送信信号生成部１から出力された３つの送信信号（１）～（３）を空間に放射する。

即ち、送信アンテナ２－１は送信信号生成処理部１－１により生成された送信信号（１）を空間に放射する。

送信アンテナ２－２は送信信号生成処理部１－２により生成された送信信号（２）を空間に放射する。

送信アンテナ２－３は送信信号生成処理部１－３により生成された送信信号（３）を空間に放射する。

[0013] アレイアンテナ３は受信アンテナ素子３－１～３－Nから構成されている。

受信アンテナ素子３－１～３－Nは送信アンテナ２－１～２－３から放射された後、例えば、移動体や静止物体などの観測対象に反射されて戻ってきた送信信号（１）～（３）の反射波を受信する。

図１では、アレイアンテナ３が、N本の受信アンテナ素子３－１～３－Nから構成されている例を示しているが、アレイアンテナ３は、１本以上の受

信アンテナ素子を備えていればよい。

[0014] レプリカ生成部4は送信信号生成処理部1-1~1-3により生成された送信信号(1)~(3)のレプリカを生成し、その送信信号(1)~(3)のレプリカを相関処理部5-1~5-Nに出力する。

図1では、レプリカ生成部4が送信信号(1)~(3)のレプリカを相関処理部5-1~5-Nに出力する例を示しているが、送信信号生成処理部1-1~1-3が送信信号(1)~(3)を相関処理部5-1~5-Nに出力するようにしてもよい。この場合、レプリカ生成部4を省略することができる。ただし、レプリカ生成部4を実装することで、送信信号生成部1と相関処理部5-1~5-Nの設置位置が遠く離れている場合でも、送信アンテナ2-1~2-3から放射される送信信号(1)~(3)と同じ信号を相関処理部5-1~5-Nに与えることができる。

[0015] 相関処理部5-1は相互相関演算部5-1-1~5-1-3から構成されている。

相互相関演算部5-1-1はレプリカ生成部4により生成された送信信号(1)のレプリカと受信アンテナ素子3-1の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子3-1の受信信号の中から、送信信号(1)と同一波形の信号(送信信号(1)と相関がとれている信号)を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

相互相関演算部5-1-2はレプリカ生成部4により生成された送信信号(2)のレプリカと受信アンテナ素子3-1の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子3-1の受信信号の中から、送信信号(2)と同一波形の信号(送信信号(2)と相関がとれている信号)を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

相互相関演算部5-1-3はレプリカ生成部4により生成された送信信号(3)のレプリカと受信アンテナ素子3-1の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子3-1の受信信号の中から、送信信号(3)と同一波形の信号(送信信号(3)と相関がとれている信号)を抽出し

、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

[0016] 相関処理部 5-2 は相互相関演算部 5-2-1 ~ 5-2-3 から構成されている。

相互相関演算部 5-2-1 はレプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (1) のレプリカと受信アンテナ素子 3-2 の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-2 の受信信号の中から、送信信号 (1) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

相互相関演算部 5-2-2 はレプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (2) のレプリカと受信アンテナ素子 3-2 の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-2 の受信信号の中から、送信信号 (2) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

相互相関演算部 5-2-3 はレプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (3) のレプリカと受信アンテナ素子 3-2 の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-2 の受信信号の中から、送信信号 (3) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

[0017] 相関処理部 5-N は相互相関演算部 5-N-1 ~ 5-N-3 から構成されている。

相互相関演算部 5-N-1 はレプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (1) のレプリカと受信アンテナ素子 3-N の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-N の受信信号の中から、送信信号 (1) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

相互相関演算部 5-N-2 はレプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (2) のレプリカと受信アンテナ素子 3-N の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-N の受信信号の中から、送信信号 (

2) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

相互相関演算部 5 - N - 3 はレプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (3) のレプリカと受信アンテナ素子 3 - N の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3 - N の受信信号の中から、送信信号 (3) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号として出力する。

[0018] 重み付け部 6 は送受アンテナ情報保持部 7、ウェイト決定部 8 及びウェイト適用部 9 - 1 - 1 ~ 9 - 1 - 3, 9 - 2 - 1 ~ 9 - 2 - 3, . . . , 9 - N - 1 ~ 9 - N - 3 から構成されており、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 及び受信アンテナ素子 3 - 1 ~ 3 - N の配置と事前に設定されたアンテナ指向性パターンにしたがって相互相関演算部 5 - 1 - 1 ~ 5 - 1 - 3, 5 - 2 - 1 ~ 5 - 2 - 3, . . . , 5 - N - 1 ~ 5 - N - 3 から出力された相互相関処理後の信号に重み付けを行う。

[0019] 送受アンテナ情報保持部 7 は例えば RAM やハードディスクなどの記憶装置から構成されており、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 及び受信アンテナ素子 3 - 1 ~ 3 - N の配置を示す情報を保持するとともに、事前に設定された所望のアンテナ指向性パターンを保持している。

なお、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンは、相互相関処理後のアンテナ開口のビーム幅やサイドローレベルなどを示すものである。

ウェイト決定部 8 は送受アンテナ情報保持部 7 に保持されている送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 及び受信アンテナ素子 3 - 1 ~ 3 - N の配置を示す情報を参照して、相関処理部 5 - 1 ~ 5 - N による相互相関処理後のアンテナ開口、即ち、仮想的に広げられた受信アンテナ素子 3 - 1 ~ 3 - N のアンテナ開口の長さを求め、そのアンテナ開口の長さで送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンにしたがって相互相関演算部 5 - 1 - 1 ~ 5 - 1 - 3, 5 - 2 - 1 ~ 5 - 2 - 3, . . . , 5 - N - 1 ~ 5 - N

− 3 から出力された相互相関処理後の信号に乗算するウェイト（重み値）を決定する処理を実施する。

[0020] ウェイト適用部 9-1-1~9-1-3, 9-2-1~9-2-3, . . . , 9-N-1~9-N-3 はウェイト決定部 8 により決定されたウェイトを相互相関演算部 5-1-1~5-1-3, 5-2-1~5-2-3, . . . , 5-N-1~5-N-3 から出力された相互相関処理後の信号に乗算し、ウェイトを乗算した相互相関処理後の信号を信号合成部 10 に出力する処理を実施する。

信号合成部 10 はウェイト適用部 9-1-1~9-1-3, 9-2-1~9-2-3, . . . , 9-N-1~9-N-3 から出力されたウェイトが乗算されている相互相関処理後の信号を合成し、その合成信号を出力する処理を実施する。

[0021] 図 1 では、センサ装置の構成要素である送信信号生成部 1、送信アンテナ部 2、アレイアンテナ 3、レプリカ生成部 4、相関処理部 5-1~5-N、重み付け部 6 及び信号合成部 10 のそれぞれが専用のハードウェアで構成されているものを想定している。送信アンテナ部 2 及びアレイアンテナ 3 を除く構成要素は、例えば、CPU を実装している半導体集積回路や、ワンチップマイコンなどで構成されているものが考えられる。

ただし、送信アンテナ部 2 及びアレイアンテナ 3 を除く構成要素は、コンピュータで構成されているものであってもよい。

図 2 はセンサ装置の一部がコンピュータで構成される場合のハードウェア構成図である。

送信アンテナ部 2 及びアレイアンテナ 3 を除く構成要素がコンピュータで構成される場合、送受アンテナ情報保持部 7 をコンピュータのメモリ 21 上に構成するとともに、送信信号生成部 1、レプリカ生成部 4、相関処理部 5-1~5-N、ウェイト決定部 8、ウェイト適用部 9-1-1~9-1-3, 9-2-1~9-2-3, . . . , 9-N-1~9-N-3 及び信号合成部 10 の処理内容を記述しているプログラムをメモリ 21 に格納し、コンピ

ユータのプロセッサ 22 がメモリ 21 に格納されているプログラムを実行するようにすればよい。

図 3 はこの発明の実施の形態 1 によるセンサ装置の処理内容を示すフローチャートである。

[0022] 図 1 では、説明の簡単化のため、一般的な無線装置が実装している構成部、例えば、アンプ、周波数変換器、フィルタ、アナログ／デジタル変換器、デジタル／アナログ変換器などを省略しているが、実際には、これらの構成部を備えている。

[0023] 次に動作について説明する。

送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 及び受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N の配置を示す情報は、送受アンテナ情報保持部 7 に事前に格納されるが、この実施の形態 1 では、説明の便宜上、送信アンテナ 2-1 と送信アンテナ 2-2 の間隔が  $d_{TX1}$ 、送信アンテナ 2-2 と送信アンテナ 2-3 の間隔が  $d_{TX2}$  であるものとする。

また、受信アンテナ素子 3-1 と受信アンテナ素子 3-2 の間隔が  $d_{RX1}$ 、受信アンテナ素子 3-2 と受信アンテナ素子 3-3 の間隔が  $d_{RX2}$  であるものとする。また、受信アンテナ素子 3-(N-1) と受信アンテナ素子 3-N の間隔が  $d_{RX(N-1)}$  であるものとする。

[0024] 送信信号生成部 1 の送信信号生成処理部 1-1 ~ 1-3 は、互いに直交している送信信号 (1) ~ (3) を生成し、その送信信号 (1) ~ (3) を送信アンテナ部 2 に出力する (図 3 のステップ ST1)。

互いに直交している送信信号 (1) ~ (3) の生成方法は特に問わないが、送信信号生成処理部 1-1 ~ 1-3 が、例えば、同一の送信信号をバーカーコード、M 系列、コールド系列などの直交している複数の符号系列によって変調することで、互いに直交している送信信号 (1) ~ (3) を生成することができる。

これにより、送信アンテナ部 2 の送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 から、互いに直交している 3 つの送信信号 (1) ~ (3) が空間に放射される (ステッ

プ S T 2)。

[0025] ここで、送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 から観測対象に至る行路の差は、下記の式 (1) のように表される。

$$\begin{aligned}
 \text{送信アンテナ 2-1} &: e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} \\
 \text{送信アンテナ 2-2} &: e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{TX1} \sin \theta)} \\
 \text{送信アンテナ 2-3} &: e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((d_{TX1} + d_{TX2}) \sin \theta)}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

式 (1) において、 $\theta$  は送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 を 1 つのアレイアンテナとして考えた場合のアレイアンテナのボアサイト方向に対する観測対象の角度である。また、 $\lambda$  は送信信号 (1) ~ (3) の波長である。

[0026] アレイアンテナ 3 の受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N は、送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 から放射された後、観測対象に反射されて戻ってきた送信信号 (1) ~ (3) の反射波を受信する (ステップ S T 3)。

ここで、観測対象から受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N に至る行路の差は、下記の式 (2) のように表される。

$$\begin{aligned}
 \text{受信アンテナ素子 3-1} &: e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} \\
 \text{受信アンテナ素子 3-2} &: e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{RX1} \sin \theta)} \\
 &\vdots \\
 \text{受信アンテナ素子 3-N} &: e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} \left( \sum_{p=1}^{N-1} d_{RXp} \right) \sin \theta}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

式 (2) において、 $\theta$  はアレイアンテナ 3 のボアサイト方向に対する観測対象の角度である。

式 (1) (2) では、送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 を 1 つのアレイアンテナとして考えた場合のアレイアンテナのボアサイト方向と、アレイアンテナ 3 のボアサイト方向とが同じである例を示している。

[0027] したがって、送信アンテナ 2-1 から観測対象に至ったのち、その観測対象から受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N に至る行路の差は、下記の式 (3)

のように表される。

受信アンテナ素子 3-1 :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta + 0 \cdot \sin \theta)}$$

受信アンテナ素子 3-2 :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{RX1} \sin \theta)} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 + d_{RX1}) \sin \theta}$$

⋮

受信アンテナ素子 3-N :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} \left( \sum_{p=1}^{N-1} d_{RXp} \right) \sin \theta} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} \left( 0 + \sum_{p=1}^{N-1} d_{RXp} \right) \sin \theta}$$

(3)

[0028] また、送信アンテナ 2-2 から観測対象に至ったのち、その観測対象から受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N に至る行路の差は、下記の式 (4) のように表される。

受信アンテナ素子 3-1 :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{TX1} \sin \theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0 \cdot \sin \theta)} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{TX1} + 0) \sin \theta}$$

受信アンテナ素子 3-2 :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{TX1} \sin \theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{RX1} \sin \theta)} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{TX1} + d_{RX1}) \sin \theta}$$

⋮

受信アンテナ素子 3-N :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{TX1} \sin \theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} \left( \sum_{p=1}^{N-1} d_{RXp} \right) \sin \theta} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} \left( d_{TX1} + \sum_{p=1}^{N-1} d_{RXp} \right) \sin \theta}$$

(4)

[0029] さらに、送信アンテナ 2-3 から観測対象に至ったのち、その観測対象から受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N に至る行路の差は、下記の式 (5) のように表される。

受信アンテナ素子 3-1 :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((d_{TX1}+d_{TX2})\sin\theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(0\cdot\sin\theta)} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((d_{TX1}+d_{TX2})+0)\sin\theta}$$

受信アンテナ素子 3-2 :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((d_{TX1}+d_{TX2})\sin\theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_{RX1}\sin\theta)} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((d_{TX1}+d_{TX2})+d_{RX1})\sin\theta}$$

⋮

受信アンテナ素子 3-N :

$$e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((d_{TX1}+d_{TX2})\sin\theta)} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\left(\sum_{p=1}^{N-1} d_{Rxp}\right)\sin\theta} = e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\left((d_{TX1}+d_{TX2})+\left(\sum_{p=1}^{N-1} d_{Rxp}\right)\right)\sin\theta}$$

(5)

式 (3) ~ (5) において、 $e^{-j(2\pi/\lambda)(A)\sin\theta}$  における (A) は、送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 と受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N の配置に関する部分である。

[0030] レプリカ生成部 4 は、送信信号生成処理部 1-1 ~ 1-3 が送信信号 (1) ~ (3) を生成すると、その送信信号 (1) ~ (3) のレプリカを生成し、その送信信号 (1) ~ (3) のレプリカを相関処理部 5-1 ~ 5-N に出力する。

相互相関演算部 5-1-1 は、受信アンテナ素子 3-1 が観測対象に反射されて戻ってきた送信信号 (1) ~ (3) の反射波を受信すると、レプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (1) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1 の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-1 の受信信号の中から、送信信号 (1) と同一波形の信号 (送信信号 (1) と相関がとれている信号) を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号としてウェイト適用部 9-1-1 に出力する (ステップ S T 4)。

ここで、送信信号 (1) のレプリカは、所定の長さを有する信号列であり、送信信号 (1) のレプリカと受信信号との相互相関処理は、例えば、送信信号 (1) のレプリカと受信信号を乗算することで、送信信号 (1) のレプリカと受信信号の相関をとるマッチドフィルタなどを用いて実現することができる。

[0031] 相互相関演算部 5-1-2 は、レプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (2) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1 の受信信号との相互相関処理

を実施することで、受信アンテナ素子 3-1 の受信信号の中から、送信信号 (2) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号としてウェイト適用部 9-1-2 に出力する (ステップ ST 4)。

相互相関演算部 5-1-3 は、レプリカ生成部 4 により生成された送信信号 (3) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1 の受信信号との相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-1 の受信信号の中から、送信信号 (3) と同一波形の信号を抽出し、その信号を相互相関処理後の信号としてウェイト適用部 9-1-3 に出力する (ステップ ST 4)。

[0032] 相関処理部 5-2 の相互相関演算部 5-2-1 ~ 5-2-3 についても、相関処理部 5-1 の相互相関演算部 5-1-1 ~ 5-1-3 と同様の相互相関処理を実施して、相互相関処理後の信号をウェイト適用部 9-2-1 ~ 9-2-3 に出力する (ステップ ST 4)。

ただし、相互相関演算部 5-2-1 ~ 5-2-3 は、受信アンテナ素子 3-2 の受信信号について相互相関処理を実施する点で、相互相関演算部 5-1-1 ~ 5-1-3 と相違している。

[0033] 相関処理部 5-N の相互相関演算部 5-N-1 ~ 5-N-3 についても、相関処理部 5-1 の相互相関演算部 5-1-1 ~ 5-1-3 と同様の相互相関処理を実施して、相互相関処理後の信号をウェイト適用部 9-N-1 ~ 9-N-3 に出力する (ステップ ST 4)。

ただし、相互相関演算部 5-N-1 ~ 5-N-3 は、受信アンテナ素子 3-N の受信信号について相互相関処理を実施する点で、相互相関演算部 5-1-1 ~ 5-1-3 と相違している。

[0034] 相関処理部 5-1 ~ 5-N が相互相関処理を実施することで、受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N のアンテナ開口が仮想的に広げられる。

相関処理部 5-1 ~ 5-N による相互相関処理後のアンテナ開口の長さは、上記の式 (3) ~ (5) からも明らかなように、受信アンテナ素子 3-1 を基準とすると、下記の式 (6) のようになる。

相互相関処理後のアンテナ開口の長さ：

$$(d_{TX1} + d_{TX2}) + \left( \sum_{p=1}^{N-1} d_{RXp} \right) \quad (6)$$

つまり、相互相関処理後のアンテナ開口の長さは、送信アンテナ 2-1 と送信アンテナ 2-3 との間隔 ( $d_{TX1} + d_{TX2}$ ) と、受信アンテナ素子 3-1 と受信アンテナ素子 3-N との間隔 ( $d_{RX1} + d_{RX2} + \dots + d_{RX(N-1)}$ ) との和に等しくなる。

[0035] 図 4 は送信アンテナ及び受信アンテナ素子の配置と、相互相関処理後のアンテナ開口とを示す説明図である。

ただし、図 4 は、説明の簡単化のため、2本の送信アンテナ 2-1, 2-2 と、5本の受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 とが実装されている場合を示している。

また、図 4 は、送信アンテナ 2-1 と送信アンテナ 2-2 の間隔  $d_{TX1}$  が  $d_{TX1} = 5d$ 、受信アンテナ素子 3-p と受信アンテナ素子 3-(p+1) の間隔  $d_{RXp}$  が  $d_{RXp} = d$  である例を示している ( $p = 1, 2, 3, 4$ )。即ち、受信アンテナ素子 3-1 と受信アンテナ素子 3-5 の間隔が  $4d$  である。

また、送信アンテナ 2-1 と受信アンテナ素子 3-1 の間隔が  $d/2$  であり、送信アンテナ 2-2 と受信アンテナ素子 3-5 の間隔が  $d/2$  である。

[0036] 3-1-1 ~ 3-5-1 は、送信アンテナ 2-1 から放射された送信信号 (1) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 の受信信号との相関処理に基づく、受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 の素子配置である。

また、3-1-2 ~ 3-5-2 は、送信アンテナ 2-2 から放射された送信信号 (2) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 の受信信号との相関処理に基づく、受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 の素子配置である。

したがって、相関処理部 5-1 ~ 5-5 による相互相関処理が実施されていなければ、アレイアンテナ 3 の開口長が  $4d$  であるが、相関処理部 5-1 ~ 5-5 による相互相関処理が実施されることで、上記の式 (6) より、アレイアンテナ 3 の開口長が  $9d$  に広がっている。

[0037] 重み付け部 6 のウェイト決定部 8 は、送受アンテナ情報保持部 7 に保持さ

れている送信アンテナ 2-1~2-3 及び受信アンテナ素子 3-1~3-N の配置を示す情報を参照して、送信アンテナ 2-1 と送信アンテナ 2-3 との間隔 ( $d_{TX1} + d_{TX2}$ ) と、受信アンテナ素子 3-1 と受信アンテナ素子 3-N との間隔 ( $d_{RX1} + d_{RX2} + \dots + d_{RX(N-1)}$ ) を特定し、上記の式 (6) より、相関処理部 5-1~5-N による相互相関処理後のアンテナ開口、即ち、仮想的に広げられた受信アンテナ素子 3-1~3-N のアンテナ開口の長さを求める (ステップ S T 5)。

ここでは、ウェイト決定部 8 が相関処理部 5-1~5-N による相互相関処理後のアンテナ開口の長さを求めるようにしているが、相互相関処理後のアンテナ開口の長さが事前に特定されて、そのアンテナ開口の長さが送受アンテナ情報保持部 7 に保持されるように構成されていれば、ウェイト決定部 8 が、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ開口の長さを読み出すようにしてもよい。

[0038] ウェイト決定部 8 は、受信アンテナ素子 3-1~3-N のアンテナ開口の長さを求めると、そのアンテナ開口の長さに対応する振幅分布が、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンと一致するように、相互相関演算部 5-1-1~5-1-3, 5-2-1~5-2-3, . . . , 5-N-1~5-N-3 から出力された相互相関処理後の信号に乗算するウェイトを決定する (ステップ S T 6)。

[0039] ここでは、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンが振幅分布のパターンに係るものであるものとして、アンテナ開口の長さに対応する振幅分布が送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンと一致するように、ウェイトを決定する例を示しているが、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンが位相分布に係るものである場合には、アンテナ開口の長さに対応する位相分布が送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンと一致するように、ウェイトを決定するようにする。

また、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パター

ンが振幅分布及び位相分布の双方に係るものであれば、アンテナ開口の長さに対応する振幅分布及び位相分布が送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンと一致するように、ウェイトを決定する。

[0040] 一般的に所望の指向性パターンを得るには、任意の関数にしたがってアンテナ開口に対して振幅特性や位相特性を与える必要がある。

任意の関数に従う特性として、一様分布、コサイン分布、コサイン 2 乗分布、テイラー分布、チェビシェフ分布などが知られている。

図 5 は相互相関処理後のアンテナ開口に適用する任意の関数がコサイン分布であるときのウェイトの振幅分布を示す説明図である。

[0041] 図 5 は、2 本の送信アンテナ 2-1, 2-2 と、5 本の受信アンテナ素子 3-1~3-5 とが図 4 のように配置されている場合を示しており、相互相関処理後のアンテナ開口における受信アンテナ素子 3-1~3-5 の仮想的な素子配置 3-1-1~3-5-1, 3-1-2 1~3-5-2 に対してコサイン分布が適用されている。

図 5 の例では、相互相関処理後のアンテナ開口における受信アンテナ素子 3-1~3-5 の仮想的な素子配置 3-1-1, 3-5-2 のウェイトは約 0.0、素子配置 3-2-1, 3-4-2 のウェイトは約 0.34、素子配置 3-3-1, 3-3-2 のウェイトは約 0.64、素子配置 3-4-1, 3-2-2 のウェイトは約 0.87、素子配置 3-5-1, 3-1-2 のウェイトは約 0.98 に決定されている。ただし、このウェイトは、あくまでも一例である。

[0042] 重み付け部 6 のウェイト適用部 9-1-1~9-1-3, 9-2-1~9-2-3, . . . , 9-N-1~9-N-3 は、ウェイト決定部 8 がウェイトを決定すると、そのウェイトを相互相関演算部 5-1-1~5-1-3, 5-2-1~5-2-3, . . . , 5-N-1~5-N-3 から出力された相互相関処理後の信号に乗算し、ウェイトを乗算した相互相関処理後の信号を信号合成部 10 に出力する (ステップ ST 7)。

例えば、各々の相互相関演算部から出力される相互相関処理後の信号が複

素信号  $a_r e^{j\phi_r}$  (振幅  $a_r$ 、位相  $\phi_r$  の複素信号) であるとすれば、ウェイト決定部 8 により振幅  $a_w$ 、位相  $\phi_w$  の複素信号  $a_w e^{j\phi_w}$  で表されるウェイトが決定されるため、各々のウェイト適用部では、 $a_r e^{j\phi_r} \times a_w e^{j\phi_w}$  の乗算が行われる。

[0043] 信号合成部 10 は、ウェイト適用部 9-1-1 ~ 9-1-3, 9-2-1 ~ 9-2-3, ..., 9-N-1 ~ 9-N-3 が相互相関処理後の信号にウェイトを乗算すると、ウェイトが乗算されている相互相関処理後の信号を合成し、その合成信号を出力する (ステップ ST 8)。

[0044] 図 6 はこの発明の実施の形態 1 によるセンサ装置により得られる指向性パターンの一例を示す説明図である。

ただし、図 6 では、送信アンテナの本数が 2、受信アンテナ素子の本数が 10、受信アンテナ素子の間隔が半波長、送信アンテナの間隔が 5 波長の場合を示している。

また、図 6 では、送信アンテナ及び受信アンテナ素子が直線状に配置されており、送信アンテナと最も近い受信アンテナ素子の間隔が波長 / 4 で、振幅特性を与える任意の関数がコサイン分布である場合を示している。

[0045] 以上で明らかなように、この実施の形態 1 によれば、互いに直交している複数の送信信号 (1) ~ (3) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1 (3-2, ..., 3-N) の受信信号との相互相関処理を実施して、複数の相互相関処理後の信号を出力する相関処理部 5-1 (5-2, ..., 5-N) と、送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 及び受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N の配置とアンテナ指向性パターンにしたがって相関処理部 5-1 ~ 5-N から出力された複数の相互相関処理後の信号に重み付けを行う重み付け部 6 とを設け、信号合成部 10 が、重み付け部 6 により重み付けが行われた複数の相互相関処理後の信号を合成するように構成したので、受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-N からなるアレイアンテナ 3 の開口長を仮想的に広げることができる効果を奏する。

これにより、アンテナの指向性を高めて、所望の指向性パターンを得るこ

とが可能になる。

[0046] この実施の形態1では、送信アンテナ2-1~2-3及び受信アンテナ素子3-1~3-Nが1次元配置である例を示しているが、複数の送信アンテナ及び複数の受信アンテナ素子を2次元に配置するものであってもよい。

この実施の形態1では、1つの指向性パターンを得る例を示しているが、異なる複数の指向性パターンを得るようにしてもよい。この場合、ウェイト適用部9-1-1~9-1-3, 9-2-1~9-2-3, 9-N-1~9-N-3及び信号合成部10を各々の指向性パターン毎に実装するようによければよい。

[0047] 実施の形態2.

上記実施の形態1では、2本の送信アンテナ2-1, 2-2と、5本の受信アンテナ素子3-1~3-5とが実装されている場合の例を図4に示している。

図4の例では、受信アンテナ素子3-1~3-5の中に、送信アンテナ2-1, 2-2の位置と重なる位置に配置されている受信アンテナ素子は存在していないが、受信アンテナ素子3-1~3-5の中に、送信アンテナ2-1, 2-2の位置と重なる位置に配置されている受信アンテナ素子が存在するものであってもよい。

この実施の形態2でも、センサ装置の構成は、上記実施の形態1における図1の構成と同様である。

[0048] 図7は送信アンテナ及び受信アンテナ素子の配置と、相互相関処理後のアンテナ開口とを示す説明図である。

図7は、説明の簡単化のため、2本の送信アンテナ2-1, 2-2と、5本の受信アンテナ素子3-1~3-5とが実装されている場合を示している。

また、図7は、送信アンテナ2-1と送信アンテナ2-2の間隔 $d_{TX1}$ が $d_{TX1} = 3d$ 、受信アンテナ素子3-pと受信アンテナ素子3-(p+1)の間隔 $d_{RXp}$ が $d_{RXp} = d$ である例を示している(p=1, 2, 3, 4)。即ち、

受信アンテナ素子 3-1 と受信アンテナ素子 3-5 の間隔が  $4d$  である。

また、送信アンテナ 2-1 と受信アンテナ素子 3-1 の並び方向の位置が同じであり、送信アンテナ 2-2 と受信アンテナ素子 3-3 の並び方向の位置が同じである。

[0049] 3-1-1~3-5-1 は、送信アンテナ 2-1 から放射された送信信号 (1) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1~3-5 の受信信号との相関処理に基づく、受信アンテナ素子 3-1~3-5 の素子配置である。

また、3-1-2~3-5-2 は、送信アンテナ 2-2 から放射された送信信号 (2) のレプリカと受信アンテナ素子 3-1~3-5 の受信信号との相関処理に基づく、受信アンテナ素子 3-1~3-5 の素子配置である。

したがって、相関処理部 5-1~5-N による相互相関処理が実施されていなければ、アレイアンテナ 3 の開口長が  $4d$  であるが、相関処理部 5-1~5-N による相互相関処理が実施されることで、上記の式 (6) より、アレイアンテナ 3 の開口長が  $7d$  に広がっている。

ただし、この実施の形態 2 では、送信アンテナ 2-1 と受信アンテナ素子 3-1 の並び方向の位置が同じであり、また、送信アンテナ 2-2 と受信アンテナ素子 3-3 の並び方向の位置が同じである。このため、素子配置 3-4-1 と素子配置 3-1-2 が重なり、また、素子配置 3-5-1 と素子配置 3-2-2 が重なっている。

[0050] 図 8 は相互相関処理後のアンテナ開口に適用する任意の関数がコサイン分布であるときのウェイトの振幅分布を示す説明図である。

重み付け部 6 のウェイト決定部 8 は、上記実施の形態 1 と同様に、相互相関処理後のアンテナ開口の長さを求め、そのアンテナ開口の長さに対応する振幅分布が、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されているアンテナ指向性パターンと一致するように、相互相関処理後の信号に乗算するウェイトを決定する。

ただし、図 7 のように、素子配置 3-4-1, 3-5-1 と素子配置 3-1-2, 3-2-2 が重なっている場合、上記実施の形態 1 と同様にウェイ

トを決定すると、図8(a)に示すように、重なっている素子配置において、2つの相互相関処理後の信号が重なるため、信号合成部10への重なった位置の入力信号が所望の振幅の2倍になってしまう。

[0051] そこで、この実施の形態2では、重み付け部6のウェイト決定部8は、素子配置3-4-1, 3-5-1と素子配置3-1-2, 3-2-2が重なる場合、素子配置3-4-1, 3-5-1, 3-1-2, 3-2-2に対応する相互相関演算部及びウェイト適用部が、それぞれ相互相関演算部5-4-1, 5-5-1, 5-1-2, 5-2-2、ウェイト適用部9-4-1, 9-5-1, 9-1-2, 9-2-2であるとする、相互相関演算部5-1-1~5-3-1, 5-3-2~5-5-2から出力される信号に乗算するウェイトについては、上記実施の形態1と同様に決定する。

一方、相互相関演算部5-4-1, 5-5-1, 5-1-2, 5-2-2から出力される信号に乗算するウェイトについては、上記実施の形態1と同様に決定したウェイトの2分の1に決定する。

[0052] 重み付け部6のウェイト適用部9-1-1~9-5-1, 9-1-2~9-5-2は、ウェイト決定部8がウェイトを決定すると、そのウェイトを相互相関演算部5-1-1~5-5-1, 5-1-2~5-5-2から出力された相互相関処理後の信号に乗算し、ウェイトを乗算した相互相関処理後の信号を信号合成部10に出力する。

信号合成部10は、ウェイト適用部9-1-1~9-5-1, 9-1-2~9-5-2が相互相関処理後の信号にウェイトを乗算すると、ウェイトが乗算されている相互相関処理後の信号を合成し、その合成信号を出力する。

[0053] このとき、相互相関演算部5-4-1, 5-5-1, 5-1-2, 5-2-2から出力される信号に乗算するウェイトが2分の1に決定されているため、重なり合っている素子配置3-4-1と素子配置3-1-2では、上記実施の形態1と比べて、ウェイト適用部9-4-1, 9-1-2から出力される相互相関処理後の信号が2分の1になる。

また、重なり合っている素子配置3-5-1と素子配置3-2-2では、

上記実施の形態 1 と比べて、ウェイト適用部 9-5-1, 9-2-2 から出力される相互相関処理後の信号が 2 分の 1 になる。

これにより、重なっている素子配置においても、図 8 (b) に示すように、送受アンテナ情報保持部 7 に保持されている所望のアンテナ指向性パターンと振幅分布が一致するようになる。

[0054] この実施の形態 2 では、素子配置が重なっている位置のウェイトを、上記実施の形態 1 と同様に決定したウェイトの 2 分の 1 に決定するものを示したが、例えば、素子配置が重なっている位置のウェイトについては上記実施の形態 1 と同様に決定するとともに、素子配置が重なっていない位置のウェイトを、上記実施の形態 1 と同様に決定したウェイトの 2 倍に決定したのち、全体の利得が 1 になるように各素子配置の振幅を調整するようにしてもよい。

なお、この実施の形態 2 では、素子配置が重なっている位置の個数が 2 個であるため、ウェイトの 2 分の 1 に決定しているが、素子配置が重なっている位置の個数が M 個であれば、ウェイトの M 分の 1 に決定すればよい。

[0055] 以上で明らかなように、この実施の形態 2 によれば、受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 の中に、送信アンテナ 2-1, 2-2 の位置と重なる位置に配置されている受信アンテナ素子が存在する場合であっても、上記実施の形態 1 と同様に、受信アンテナ素子 3-1 ~ 3-5 からなるアレイアンテナ 3 の開口長を仮想的に広げることができる効果を奏する。

これにより、アンテナの指向性を高めて、所望の指向性パターンを得ることが可能になる。

[0056] 実施の形態 3.

図 9 はこの発明の実施の形態 3 によるセンサ装置を示す構成図であり、図 9 において、図 1 と同一符号は同一または相当部分を示すので説明を省略する。

指向性切換部 3 1 はタイミング制御部 3 2 の制御によって送信アンテナ 2-1 ~ 2-3 の指向性を切り換える装置である。

なお、指向性切換部 3 1 は、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 の向きを物理的に切り換えるモータなどの駆動装置で構成されていてもよいし、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 から放射される送信信号 (1) ~ (3) の向きを光学的に切り換える光学素子で構成されていてもよいし、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 が複数の素子からなり、送信アンテナ部 2 が送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 をサブアレイとする場合には電氣的に切り換えてもよい。

タイミング制御部 3 2 は指向性切換部 3 1 による指向性の切り換えタイミングを制御する制御回路である。

[0057] 次に動作について説明する。

指向性切換部 3 1 及びタイミング制御部 3 2 を実装している点以外は、上記実施の形態 1, 2 と同様であるため、ここでは指向性切換部 3 1 及びタイミング制御部 3 2 の動作についてだけ説明する。

[0058] 上記実施の形態 1, 2 では、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 が互いに直交している送信信号 (1) ~ (3) を空間に放射するものを示しているが、例えば、図 1 のセンサ装置を搭載している衛星等が移動している場合や、観測対象が移動している場合、それらの移動に伴うドップラーシフトが生じるため、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 から観測対象に至る行路差等の影響で、受信アンテナ素子 3 - 1 ~ 3 - N の受信信号の直交性が若干崩れる場合がある。

この実施の形態 3 では、受信アンテナ素子 3 - 1 ~ 3 - N の受信信号の直交性を維持するため、指向性切換部 3 1 及びタイミング制御部 3 2 を実装している。

[0059] タイミング制御部 3 2 は、指向性切換部 3 1 による指向性の切り換えタイミングを制御する。

即ち、タイミング制御部 3 2 は、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 の指向性を切り換えるタイミングになると、指向性の切換指令を指向性切換部 3 1 及び送信信号生成処理部 1 - 1 ~ 1 - 3 に出力する。

指向性切換部 3 1 は、タイミング制御部 3 2 から指向性の切換指令を受けると、送信アンテナ 2 - 1 ~ 2 - 3 の指向性を切り換える動作を行う。

[0060] 送信信号生成処理部 1-1~1-3 は、上記実施の形態 1, 2 と同様に、互いに直交している送信信号 (1) ~ (3) を生成して、その送信信号 (1) ~ (3) を送信アンテナ 2-1~2-3 に出力するが、指向性切換部 31 により送信アンテナ 2-1~2-3 の指向性が切り換えられているタイミングでは、送信信号 (1) ~ (3) を送信アンテナ 2-1~2-3 に出力しないようにするため、タイミング制御部 32 から指向性の切換指令を受けると、所定の時間中、送信アンテナ 2-1~2-3 に対する送信信号 (1) ~ (3) の出力を停止する。

[0061] ここで、図 10 は送信アンテナ 2-1~2-3 の指向性パターンの一列を示す説明図である。

この実施の形態 3 では、図 10 に示すように、3 つの指向性パターン (1) ~ (3) が用意され、送信アンテナ 2-1~2-3 に対する指向性パターン (1) ~ (3) の割り当てが順番に切り換えられる例を説明する。

指向性パターン (1) ~ (3) は、最も利得が高いメインローブ同士が互いに重ならない指向性パターンであるものとする。

以下、指向性切換部 31 による指向性パターン (1) ~ (3) の切り換え例を具体的に説明する。

ただし、この実施の形態 3 は、指向性パターン (1) ~ (3) が示す方向のうち、いずれか 1 つの方向にだけ観測対象が存在している場合に適用されるものとする。

[0062] 指向性切換部 31 は、タイミング制御部 32 から出力された最初の切換指令を受けると、送信アンテナ 2-1~2-3 に対して、指向性パターン (1) ~ (3) を下記のように割り当てる。

指向性パターン (1) →送信アンテナ 2-1

指向性パターン (2) →送信アンテナ 2-2

指向性パターン (3) →送信アンテナ 2-3

[0063] 指向性切換部 31 は、タイミング制御部 32 から出力された次の切換指令を受けると、送信アンテナ 2-1~2-3 に対して、指向性パターン (1)

～（３）を下記のように割り当てる。

指向性パターン（２）→送信アンテナ２－１

指向性パターン（３）→送信アンテナ２－２

指向性パターン（１）→送信アンテナ２－３

[0064] 指向性切換部３１は、タイミング制御部３２から出力された次の切換指令を受けると、送信アンテナ２－１～２－３に対して、指向性パターン（１）～（３）を下記のように割り当てる。

指向性パターン（３）→送信アンテナ２－１

指向性パターン（１）→送信アンテナ２－２

指向性パターン（２）→送信アンテナ２－３

[0065] これにより、送信アンテナ２－１～２－３から３つの送信信号（１）～（３）が同時に放射されても、例えば、指向性パターン（１）が示す方向にだけ観測対象が存在していれば、指向性パターン（２）（３）が示す方向に放射された送信信号の反射波は受信アンテナ素子３－１～３－Nで受信されない。

このため、図１のセンサ装置を搭載している衛星等の移動や観測対象の移動に伴うドップラーシフトが生じても、受信アンテナ素子３－１～３－Nの受信信号の直交性を維持することができる。

[0066] 以上で明らかなように、この実施の形態３によれば、指向性切換部３１がタイミング制御部３２の制御によって送信アンテナ２－１～２－３の指向性を切り換えるように構成したので、例えば、センサ装置を搭載している衛星等が移動している場合や、観測対象が移動している場合でも、受信アンテナ素子３－１～３－Nの受信信号の直交性を維持することができる。このため、所望の指向性パターンを高精度に得ることが可能になる。

[0067] なお、本願発明はその発明の範囲内において、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任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

**産業上の利用可能性**

[0068] この発明に係るセンサ装置は、複数の受信アンテナ素子からなるアレイアンテナの開口長を仮想的に広げて、アンテナの指向性を高める必要があるものに適している。

### 符号の説明

[0069] 1 送信信号生成部、1-1~1-3 送信信号生成処理部、2 送信アンテナ部、2-1~2-3 送信アンテナ、3 アレイアンテナ、3-1~3-N 受信アンテナ素子、3-1-1~3-5-1, 3-1-2~3-5-2 相関処理に基づく受信アンテナ素子の素子配置、4 レプリカ生成部、5-1~5-N 相関処理部、5-1-1~5-1-3, 5-2-1~5-2-3, 5-N-1~5-N-3 相互相関演算部、6 重み付け部、7 送受アンテナ情報保持部、8 ウェイト決定部、9-1-1~9-1-3, 9-2-1~9-2-3, 9-N-1~9-N-3 ウェイト適用部、10 信号合成部、21 メモリ、22 プロセッサ、31 指向性切換部、32 タイミング制御部。

## 請求の範囲

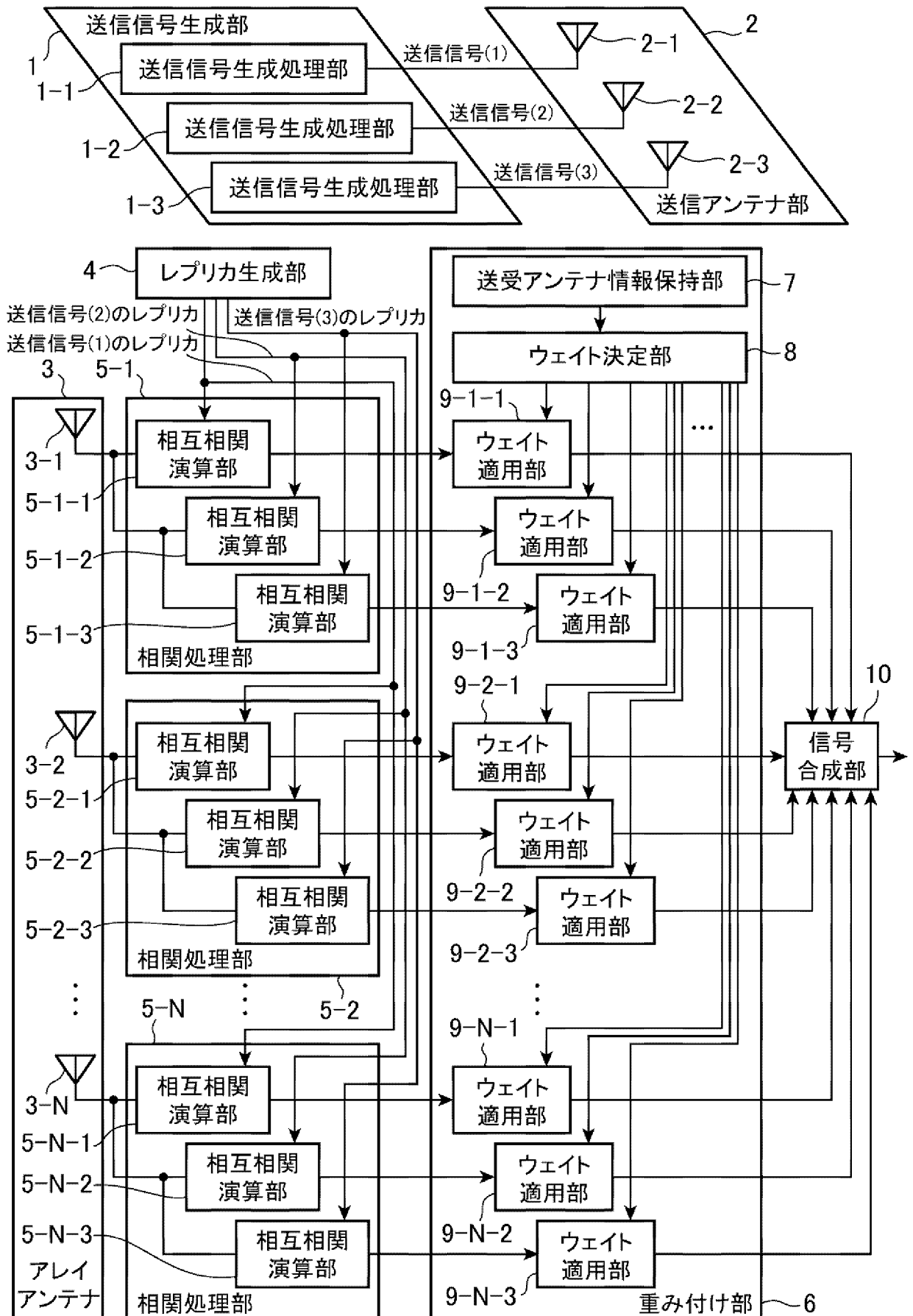
- [請求項1] 互いに直交している複数の送信信号を生成する送信信号生成部と、  
複数の送信アンテナから前記送信信号生成部により生成された送信信号を空間に放射する送信アンテナ部と、  
前記複数の送信アンテナから放射された後、観測対象に反射された前記送信信号の反射波を受信する1つ以上の受信アンテナ素子からなるアレイアンテナと、  
前記複数の送信信号と前記受信アンテナ素子の受信信号との相互相関処理を実施して、複数の相互相関処理後の信号を出力する複数の相関処理部と、  
前記送信アンテナ及び前記受信アンテナ素子の配置とアンテナ指向性パターンにしたがって前記複数の相関処理部から出力された複数の相互相関処理後の信号に重み付けを行う重み付け部と、  
前記重み付け部により重み付けが行われた複数の相互相関処理後の信号を合成する信号合成部と  
を備えたセンサ装置。
- [請求項2] 前記送信信号生成部により生成された複数の送信信号のレプリカを生成するレプリカ生成部を備え、  
前記複数の相関処理部は、前記レプリカ生成部により生成された複数の送信信号のレプリカと前記受信アンテナ素子の受信信号との相互相関処理を実施して、複数の相互相関処理後の信号を出力することを特徴とする請求項1記載のセンサ装置。
- [請求項3] 前記重み付け部は、前記送信アンテナ及び前記受信アンテナ素子の配置から、前記複数の相関処理部による相互相関処理後のアンテナ開口の長さを求め、前記アンテナ開口の長さと同様に前記アンテナ指向性パターンにしたがって前記複数の相関処理部から出力された複数の相互相関処理後の信号に乗算する重み値を決定し、前記重み値を前記複数の相関処理部から出力された複数の相互相関処理後の信号に乗算するこ

とを特徴とする請求項 1 記載のセンサ装置。

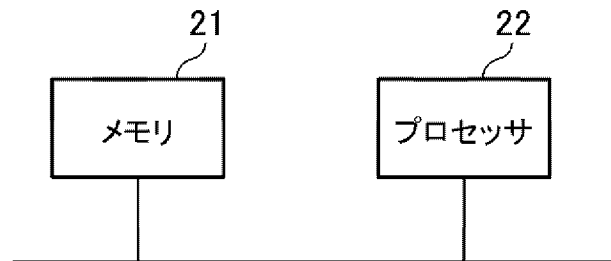
[請求項4] 前記重み付け部は、前記 1 つ以上の受信アンテナ素子の中に、並び方向の位置が前記複数の送信アンテナと同じ受信アンテナ素子が存在するために、前記複数の相関処理部から出力された複数の相互相関処理後の信号の中に、前記相互相関処理後のアンテナ開口における位置が他の相互相関処理後の信号と重複している相互相関処理後の信号が存在する場合、前記重複している相互相関処理後の信号に乗算する重み値については、他の相互相関処理後の信号と重複していない場合に決定する重み値より小さくすることを特徴とする請求項 3 記載のセンサ装置。

[請求項5] 前記複数の送信アンテナの指向性を切り換える指向性切換部と、  
前記指向性切換部による指向性の切り換えタイミングを制御するタイミング制御部と  
を備えたことを特徴とする請求項 1 記載のセンサ装置。

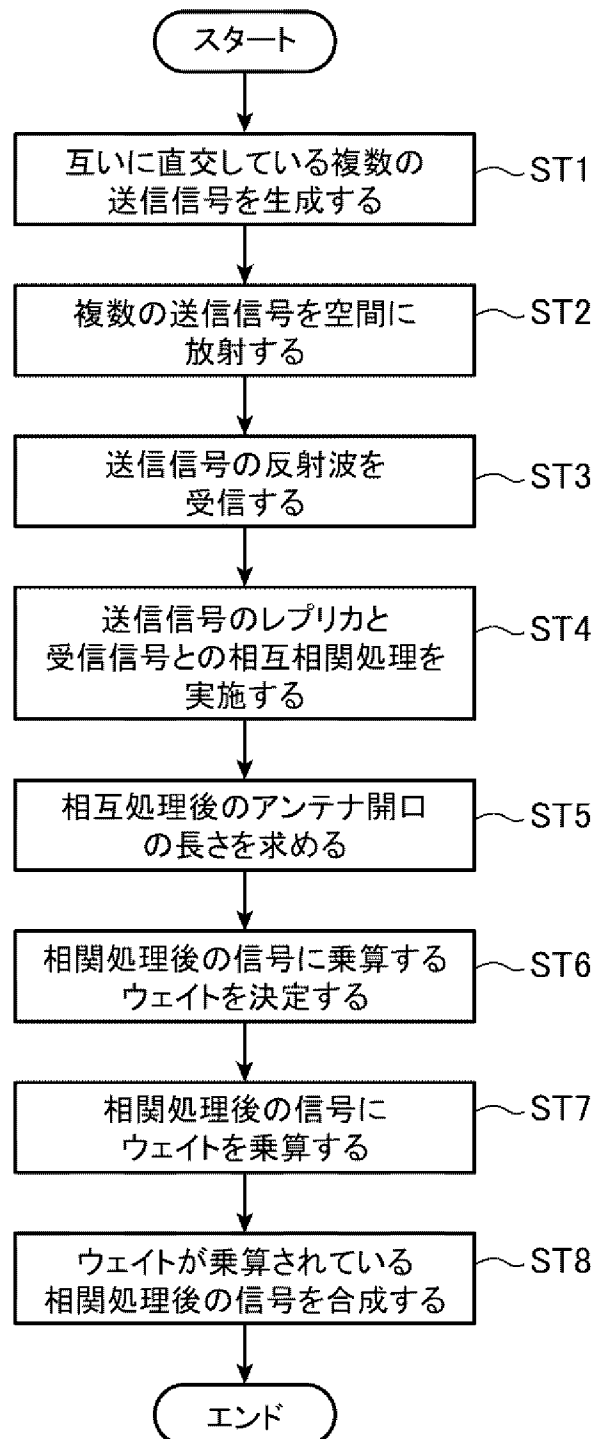
[図1]



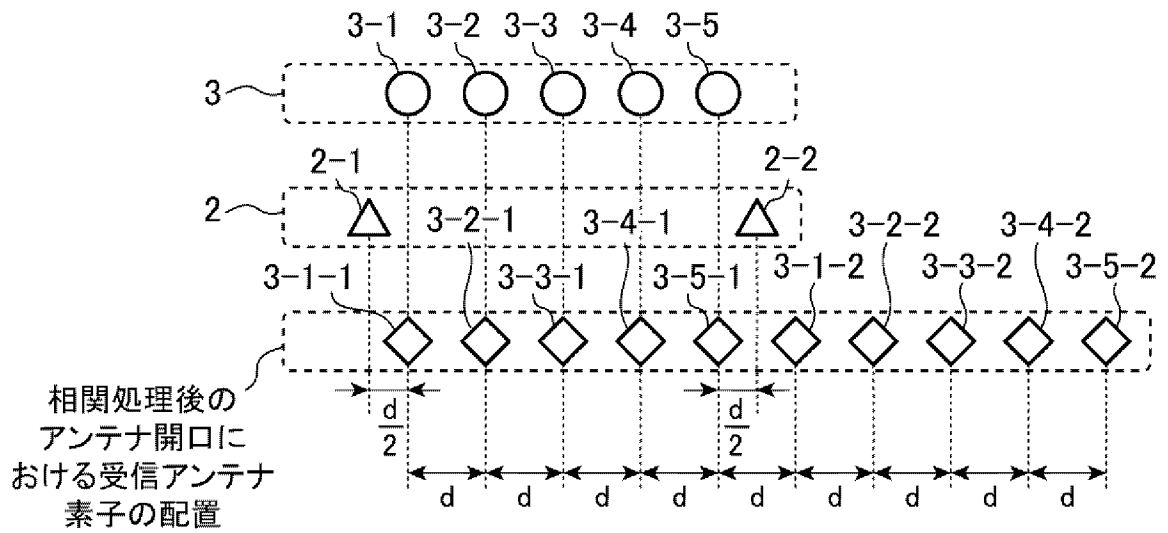
[図2]



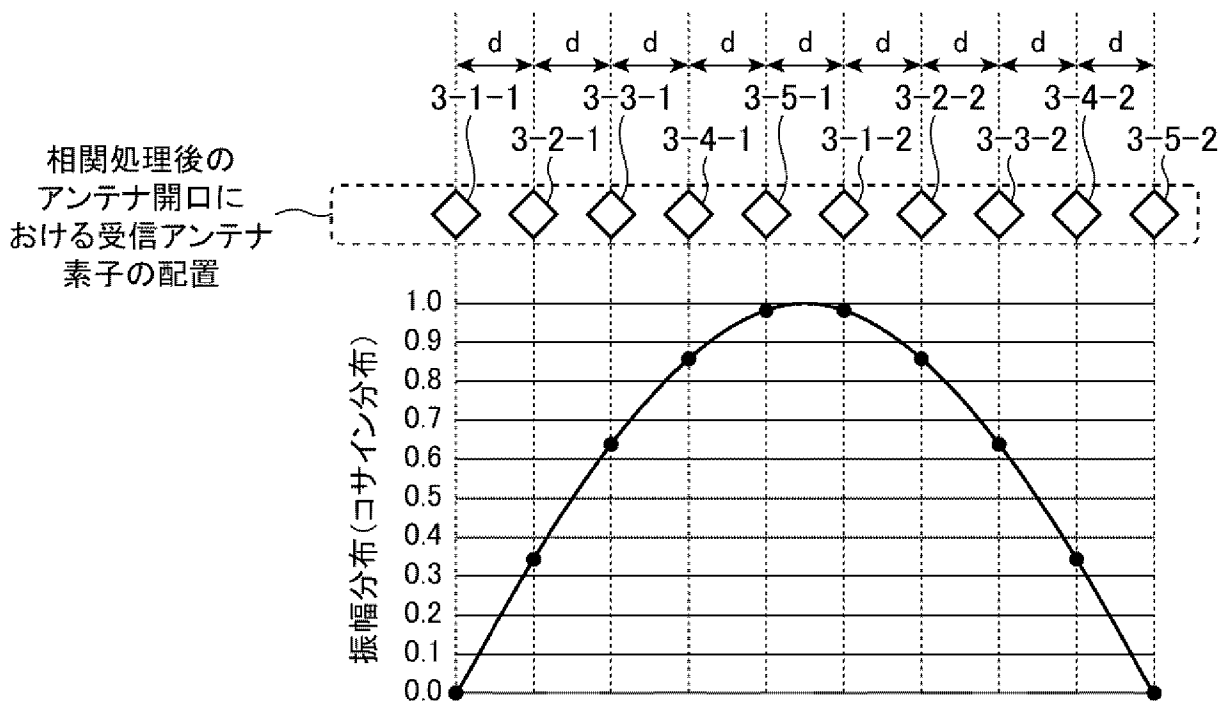
[図3]



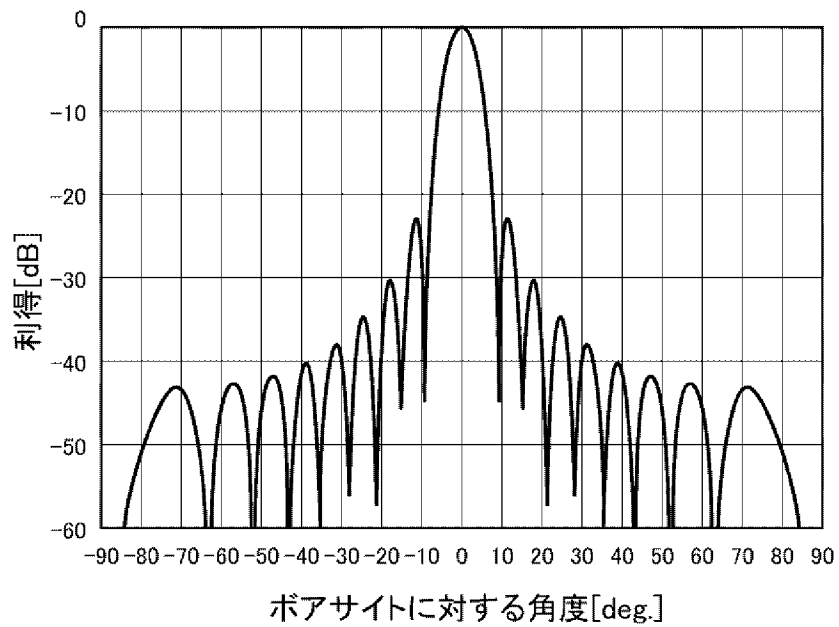
[図4]



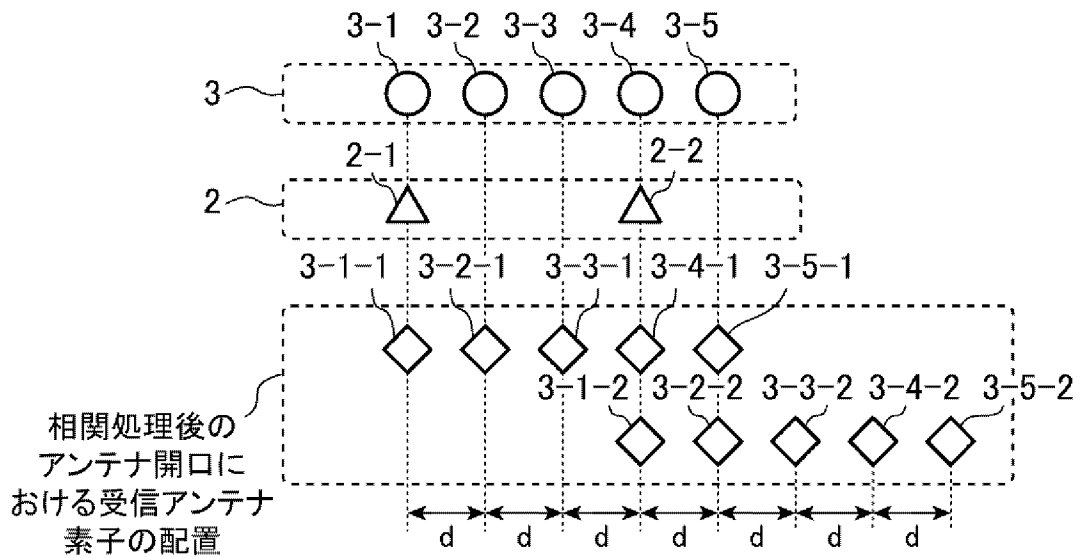
[図5]



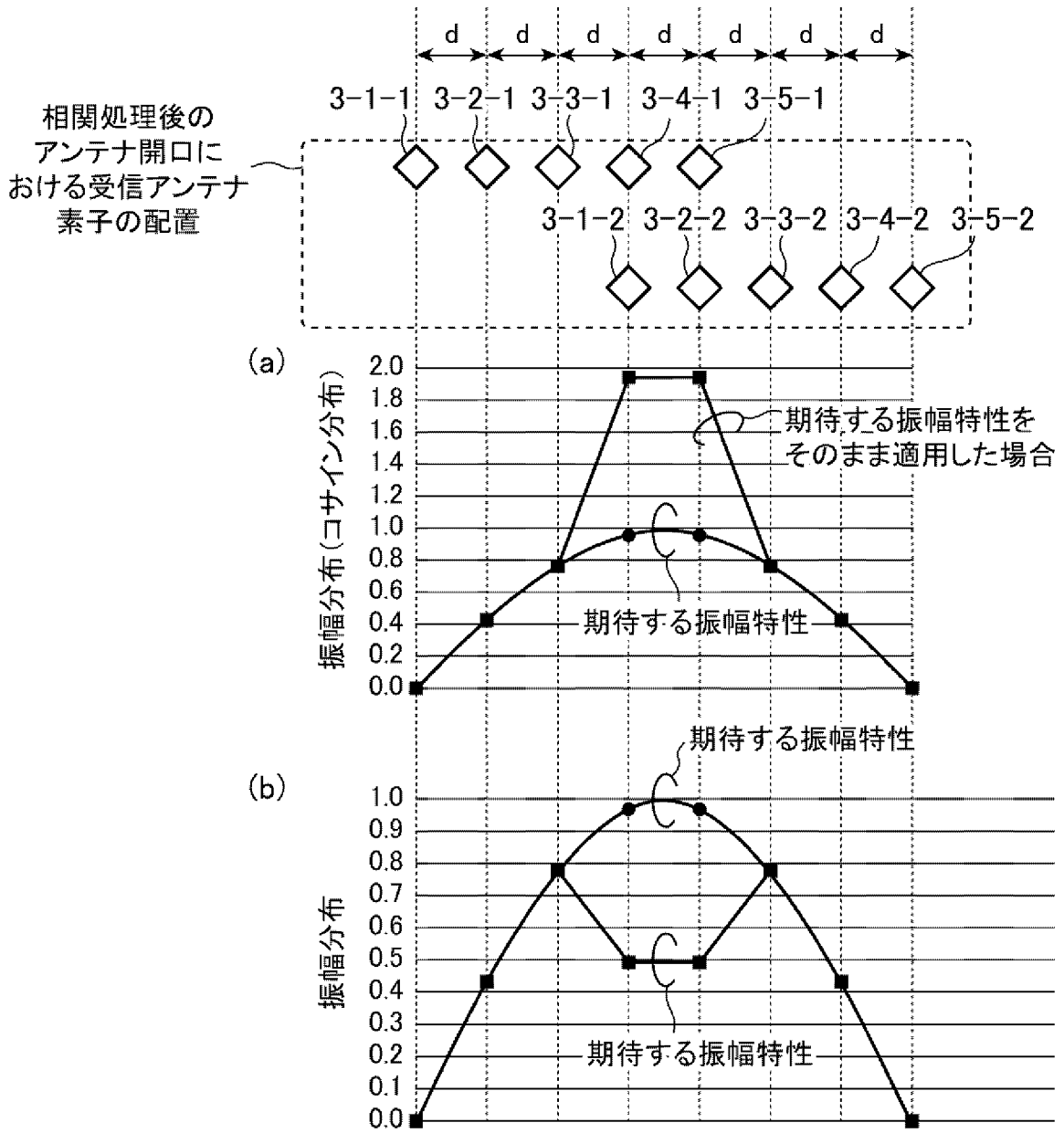
[図6]



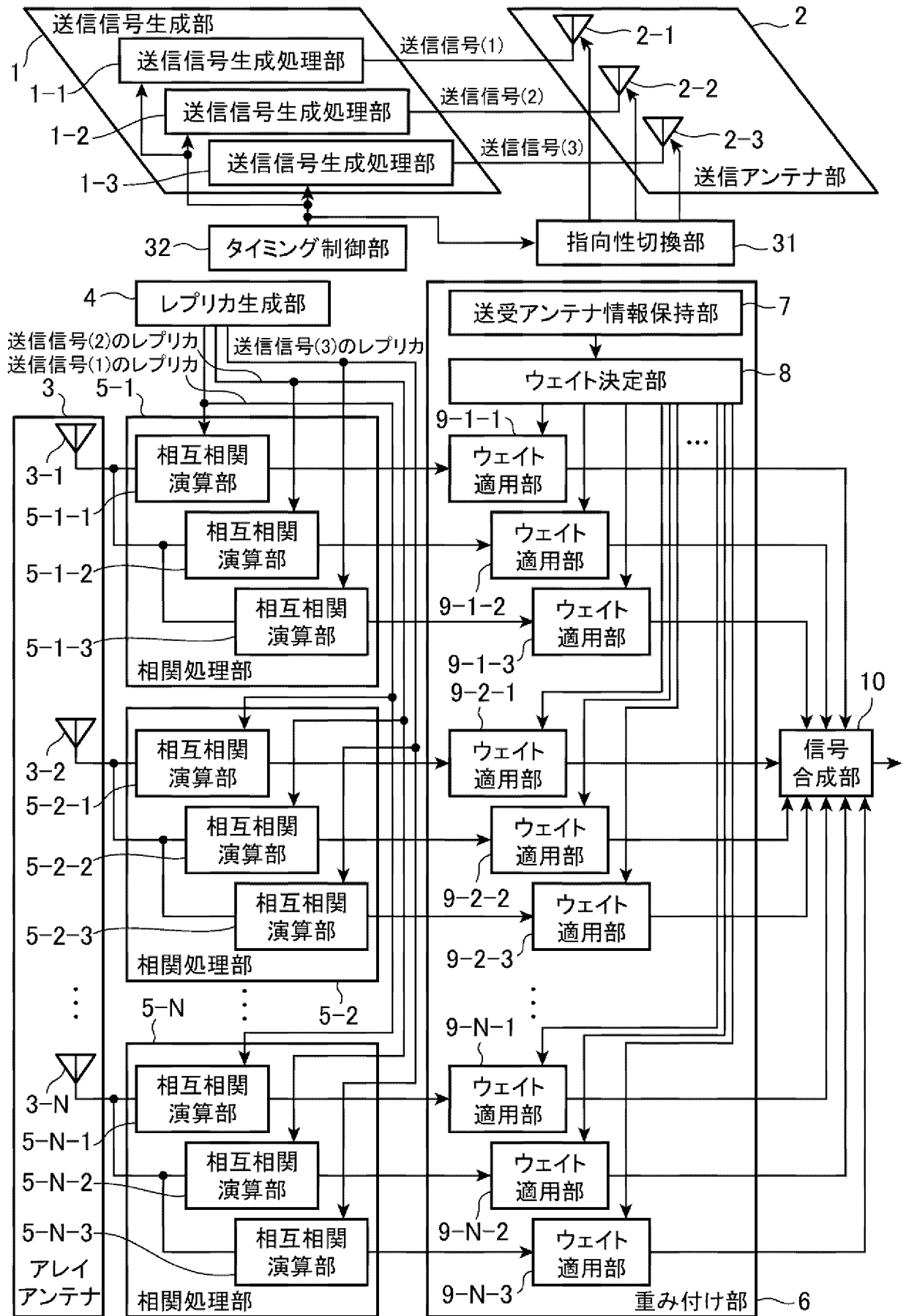
[図7]



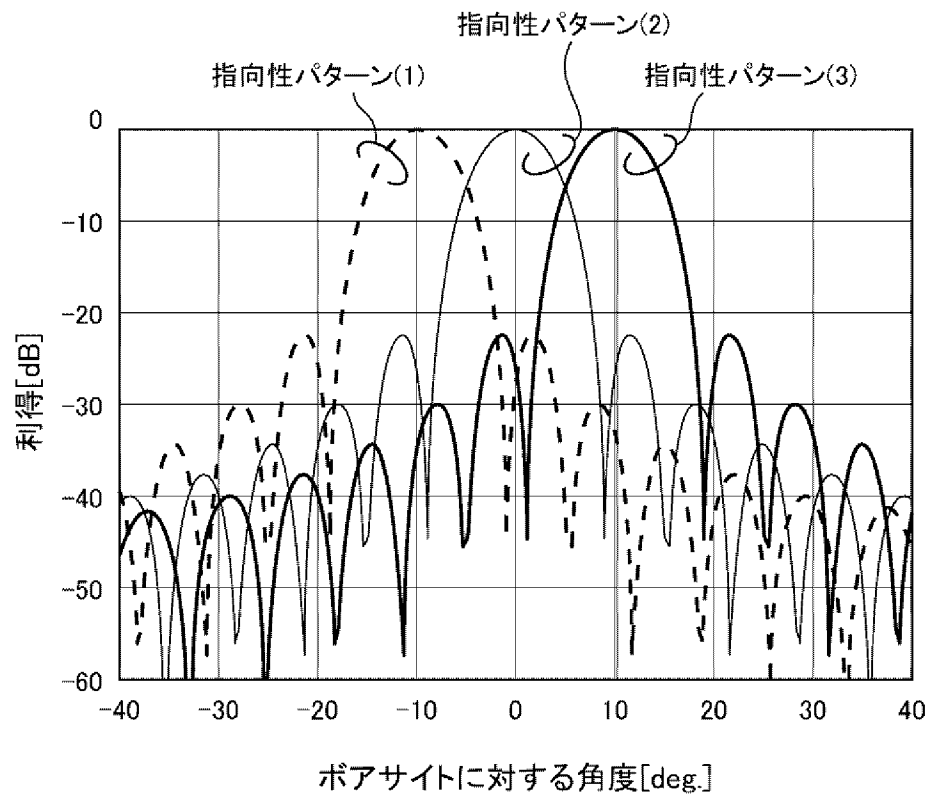
[図8]



[図9]



[図10]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/066514

<p><b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>  <i>H01Q3/26(2006.01) i, G01S13/02(2006.01) i</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p><b>B. FIELDS SEARCHED</b></p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  <i>H01Q3/26, G01S13/02</i></p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015</i>  <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015</i></p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  <i>JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII), IEEE Xplore</i></p>														
<p><b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">A</td> <td><i>WO 2010/085846 A2 (TELEDYNE AUSTRALIA PTY LTD.), 05 August 2010 (05.08.2010), entire text; all drawings &amp; US 2011/0279669 A1 &amp; AU 2010200313 A</i></td> <td align="center">1-5</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td><i>JP 2014-153142 A (Japan Radio Co., Ltd.), 25 August 2014 (25.08.2014), entire text; all drawings (Family: none)</i></td> <td align="center">1-5</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td><i>Chun-Yang Chen et al., "MIMO Radar Space - Time Adaptive Processing Using Prolate Spheroidal Wave Functions", IEEE Transactions on Signal Processing, 2008.02, Vol.56, No.2, pp.623-635</i></td> <td align="center">1-5</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	<i>WO 2010/085846 A2 (TELEDYNE AUSTRALIA PTY LTD.), 05 August 2010 (05.08.2010), entire text; all drawings &amp; US 2011/0279669 A1 &amp; AU 2010200313 A</i>	1-5	A	<i>JP 2014-153142 A (Japan Radio Co., Ltd.), 25 August 2014 (25.08.2014), entire text; all drawings (Family: none)</i>	1-5	A	<i>Chun-Yang Chen et al., "MIMO Radar Space - Time Adaptive Processing Using Prolate Spheroidal Wave Functions", IEEE Transactions on Signal Processing, 2008.02, Vol.56, No.2, pp.623-635</i>	1-5
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	<i>WO 2010/085846 A2 (TELEDYNE AUSTRALIA PTY LTD.), 05 August 2010 (05.08.2010), entire text; all drawings &amp; US 2011/0279669 A1 &amp; AU 2010200313 A</i>	1-5												
A	<i>JP 2014-153142 A (Japan Radio Co., Ltd.), 25 August 2014 (25.08.2014), entire text; all drawings (Family: none)</i>	1-5												
A	<i>Chun-Yang Chen et al., "MIMO Radar Space - Time Adaptive Processing Using Prolate Spheroidal Wave Functions", IEEE Transactions on Signal Processing, 2008.02, Vol.56, No.2, pp.623-635</i>	1-5												
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.      <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>										
<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search                  18 August 2015 (18.08.15)</p>		<p>Date of mailing of the international search report                  25 August 2015 (25.08.15)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/                  Japan Patent Office                  3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,                  Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>												

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01Q3/26(2006.01)i, G01S13/02(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. H01Q3/26, G01S13/02		
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） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), IEEE Xplore		
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
A	WO 2010/085846 A2 (TELEDYNE AUSTRALIA PTY LTD) 2010.08.05, 全文, 全図 & US 2011/0279669 A1 & AU 2010200313 A	1-5
A	JP 2014-153142 A (日本無線株式会社) 2014.08.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 18.08.2015	国際調査報告の発送日 25.08.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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） 岸田 伸太郎 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	5K 9183

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
A	Chun-Yang Chen et al., "MIMO Radar Space - Time Adaptive Processing Using Prolate Spheroidal Wave Functions", IEEE Transactions on Signal Processing, 2008.02, Vol. 56, No. 2, pp. 623 - 635	1-5