

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



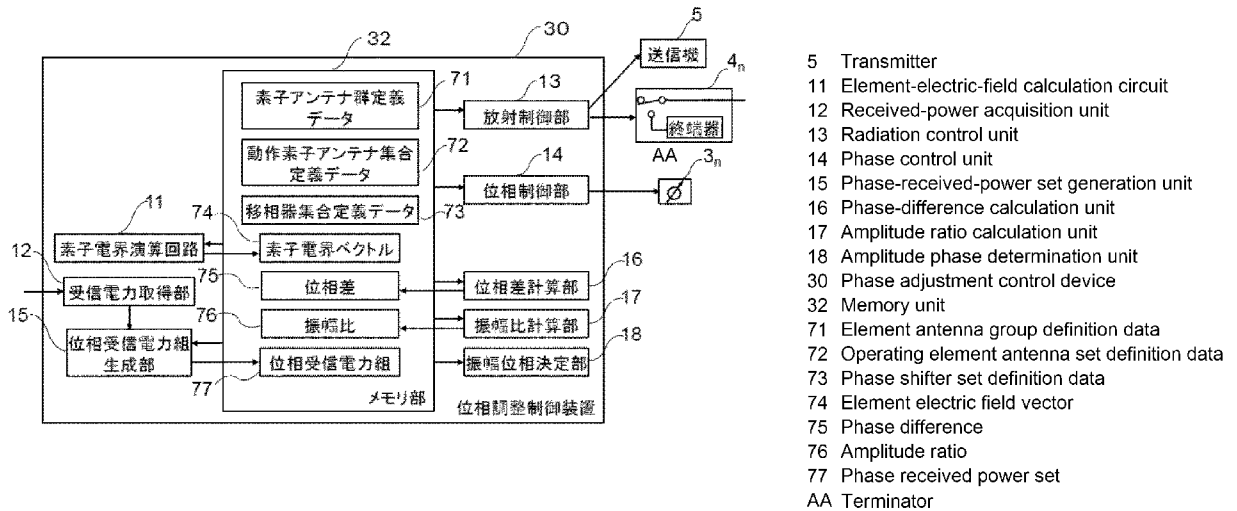
(10) 国際公開番号

WO 2018/181764 A1

- (51) 国際特許分類:
H01Q 3/26 (2006.01) H01Q 21/06 (2006.01)
G01R 29/10 (2006.01)
- (72) 発明者: 縫村 修次 (NUIMURA, Shuji);
〒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).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/013351
- (74) 代理人: 村上 加奈子, 外(MURAKAMI, Kanako
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).
- (22) 国際出願日: 2018年3月29日(29.03.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-071432 2017年3月31日(31.03.2017) 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,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELEC-
TRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東
京都千代田区丸の内二丁目7番
3号 Tokyo (JP).

(54) Title: ARRAY ANTENNA DEVICE, ANTENNA MEASURING DEVICE, AND METHOD FOR ADJUSTING PHASE OF PHASED ARRAY ANTENNA

(54) 発明の名称: アレイアンテナ装置、アンテナ測定装置およびフェーズドアレイアンテナの位相調整方法



- 5 Transmitter
- 11 Element-electric-field calculation circuit
- 12 Received-power acquisition unit
- 13 Radiation control unit
- 14 Phase control unit
- 15 Phase-received-power set generation unit
- 16 Phase-difference calculation unit
- 17 Amplitude ratio calculation unit
- 18 Amplitude phase determination unit
- 30 Phase adjustment control device
- 32 Memory unit
- 71 Element antenna group definition data
- 72 Operating element antenna set definition data
- 73 Phase shifter set definition data
- 74 Element electric field vector
- 75 Phase difference
- 76 Amplitude ratio
- 77 Phase received power set
- AA Terminator

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to obtain an array antenna device that enables calibration, without having to simultaneously radiate radio waves from all element antennas, at a level equivalent to the level achieved as if all element antennas were operating. A plurality of element antennas 1 are classified into element antenna groups 10, and operating element antenna sets 20, each including at least two element antenna groups 10 including a measured element antenna group 10, are placed into an operating state in order. The present invention is provided with: an element-electric-field calculation circuit 11 that uses a plurality of received power levels of radio waves radiated with different phases by changing the phases of element antennas 1 and that calculates in-set phase differences, in an operating element antenna set 20, among element electric field vectors generated by the element antennas 1 the phases of which are changed; and a phase-difference calculation unit 16 that uses element electric field vectors of the element antennas 1 for which the

WO 2018/181764 A1

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))

element electric field vectors have been calculated by using a plurality of different operating element antenna sets 20 and that calculates phase differences among the element electric field vectors of the element antennas 1 belonging to the different operating element antenna sets 20.

(57) 要約 : すべての素子アンテナで同時に電波を放射しなくても、すべての素子アンテナを動作状態とする場合と同等の較正が行えるアレイアンテナ装置を得る。複数の素子アンテナ 1 を素子アンテナ群 10 に分け、測定済みの素子アンテナ群 10 を含む少なくとも 2 つの素子アンテナ群 10 を含む動作素子アンテナ集合 20 を順に動作状態にする。素子アンテナ 1 の位相を変化させて、異なる位相で放射される電波の複数の受信電力値を使用して、位相を変化させる素子アンテナ 1 が生成する素子電界ベクトルの動作素子アンテナ集合 20 の中での集合内位相差を計算する素子電界演算回路 11 と、複数の異なる動作素子アンテナ集合 20 を使用して素子電界ベクトルを計算した素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルを用いて、異なる動作素子アンテナ集合 20 に属する素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算部 16 とを備える。

明 細 書

発明の名称：

アレイアンテナ装置、アンテナ測定装置およびフェーズドアレイアンテナの位相調整方法

技術分野

[0001] この発明は、無線電力伝送に使用されるフェーズドアレイアンテナを有するアレイアンテナ装置に関する。

背景技術

[0002] 宇宙に設置した大規模な太陽光発電装置から地上に電力を送電する宇宙太陽発電システム（SSPS：Space Solar Power Systems）が構想されている。そのために、マイクロ波などの周波数帯域の電波により、電力を送受電する無線電力伝送システムの研究開発が進められている。

近年、SSPSの要素技術の開発が進み、離島や飛翔体に向けて、長距離・大電力の電力伝送を行うシステムの検討が多くなされている。

[0003] 上記のような、長距離・大電力の電力伝送システムでは、多数の素子アンテナを直線状あるいは平面状に配列したフェーズドアレイアンテナが用いられる。フェーズドアレイアンテナは、各素子アンテナの位相を調整することでビーム形状やビームを放射する方向を可変にできる特徴を持つ。フェーズドアレイアンテナは、機械的な駆動が不要であり、高速に指向方向を変更できる。フェーズドアレイアンテナで所望の方向に効率よく送電するためには、複数の素子アンテナの位相が調整されている必要がある。すなわち、複数の素子アンテナの位相基準が揃う状態に較正されている必要がある。

[0004] 複数の素子アンテナの位相を調整するための従来のアンテナ測定装置では、送信機から送信される高周波信号は、ピックアップアンテナから空間に放射される。この放射される高周波信号は、複数の素子アンテナにより受信される。この受信される状態で、可変移相器を制御して、各素子アンテナの移相設定値を制御回路により1個ずつ順次変化させる。測定演算回路は、すべ

ての素子アンテナの合成出力の最大値と最小値の比、および、最大値を与える移相設定値を測定して、各素子アンテナの振幅および位相を算出する。このような方法は、素子電界ベクトル回転法 (Rotating Element Electric Field Vector (REV) Method、REV法) と呼ばれる (例えば、特許文献1 参照)。

[0005] 上記のように構成された従来のアンテナ測定装置では、素子アンテナの素子電界ベクトルを求めるためには、すべての素子アンテナを動作状態 (電波を放射している状態) にして、当該素子アンテナに接続されている可変移相器だけその移相設定値を変化させる必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特公平1-37882号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 長距離・大電力の電力伝送システムでは、システム規模を最小にするため、送電用アンテナと受電用アンテナを一般的に分けている。送電用アンテナのフェーズドアレイアンテナの位相を調整するには、送電用アンテナから電波を放射する状態で各素子アンテナの素子電界ベクトルを求める必要がある。また、地上設置型のアンテナでは、周囲環境の影響を受けるため、設置環境で較正しておく必要もある。しかしながら、未較正の状態では、すべての素子アンテナを動作状態にすると、電波被爆や無線通信機器の故障を引き起こすおそれがあるなど、安全性を確保できない可能性があるという課題がある。較正にあたっては、電磁波使用の安全基準として国が制定している電波法や電波防護指針などに準拠した電波を放射することが保証されている必要がある。

[0008] 一方、小電力で電波を放射することにより安全性を確保することもできる。しかし、S/N比の劣化により較正ができない、あるいは較正精度が劣化

し、所望のビーム形成が行えず、送電時の安全性を確保できない可能性があるという課題がある。

[0009] この発明は、すべての素子アンテナを同時に動作状態することなしに、フェーズドアレイアンテナを構成する各素子アンテナの位相基準を揃えるように校正できるアレイアンテナ装置、アンテナ測定装置およびフェーズドアレイアンテナの位相調整方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] この発明に係るアレイアンテナ装置は、フェーズドアレイアンテナと位相調整制御装置とを備える。フェーズドアレイアンテナは、送信機からの送信信号を電波として放射する複数の素子アンテナと、1個または複数個の素子アンテナごとに設けられた、素子アンテナが電波を放射する動作状態と電波を放射しない非動作状態を切替える複数の動作切替部と、1個または複数個の素子アンテナごとに設けられた、素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更する複数の可変移相器とを有する。

[0011] 位相調整制御装置は、動作切替部で同時に動作状態または非動作状態を切り替えられる素子アンテナを単位に決められた、一部の素子アンテナの集合である複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて、動作素子アンテナ集合に属する素子アンテナを動作状態にし、動作素子アンテナ集合に属さない素子アンテナを非動作状態にするように複数の動作切替部を制御する放射制御部と、フェーズドアレイアンテナが放射する電波を受信できる位置に配置された受信アンテナが受信する電波の電力の測定値である受信電力値を取得する受信電力値取得部と、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて放射制御部が複数の動作切替部を制御している状態で、動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量での受信電力値を使用して、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナが放射し受信アンテナで受信される電波により生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計

算する集合内位相差計算部と、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれが他の動作素子アンテナ集合と共通な素子アンテナを有するように決められており、かつ、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに対応する複数の位相計測素子アンテナ集合のそれぞれが他の位相計測素子アンテナ集合と共通な素子アンテナを有するように決められており、複数の位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の集合内位相差に基づき、異なる位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算部とを有する。

[0012] この発明に係るアレイアンテナ測定装置は、フェーズドアレイアンテナが放射する電波を受信する受信アンテナと、受信アンテナが受信する電波の電力の測定値である受信電力値を測定する受信電力値測定部とを備える。フェーズドアレイアンテナは、送信機からの送信信号を電波として放射する複数の素子アンテナと、1個または複数個の素子アンテナごとに設けられた、素子アンテナが電波を放射する動作状態と電波を放射しない非動作状態を切替える複数の動作切替部と、1個または複数個の素子アンテナごとに設けられた、素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更する複数の可変移相器とを有する。アレイアンテナ測定装置は、さらに、動作切替部で同時に動作状態または非動作状態を切り替えられる素子アンテナを単位に決められた、一部の素子アンテナの集合である複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて、動作素子アンテナ集合に属する素子アンテナを動作状態にし、動作素子アンテナ集合に属さない素子アンテナを非動作状態にするように複数の動作切替部を制御する放射制御部と、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて放射制御部が複数の動作切替部を制御している状態で、動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量での受信電力値を使用して、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナが放射し受信アンテナで受信される電波により生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位

相差を計算する集合内位相差計算部と、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれが他の動作素子アンテナ集合と共通な素子アンテナを有するように決められており、かつ、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに対応する複数の位相計測素子アンテナ集合のそれぞれが他の位相計測素子アンテナ集合と共通な素子アンテナを有するように決められており、複数の位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の集合内位相差に基づき、異なる位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算部とを備えるものである。

[0013] この発明に係るフェーズドアレイアンテナの位相調整方法が対象とするフェーズドアレイアンテナは、送信機からの送信信号を電波として放射する複数の素子アンテナと、1個または複数個の素子アンテナごとに設けられた、素子アンテナが電波を放射する動作状態と電波を放射しない非動作状態を切替える複数の動作切替部と、1個または複数個の素子アンテナごとに設けられた、素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更する複数の可変移相器とを有する。

[0014] 位相調整方法は、動作切替部で同時に動作状態または非動作状態を切り替えられる素子アンテナを単位に決められた、一部の素子アンテナの集合である複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて、動作素子アンテナ集合に属する素子アンテナを動作状態にし、動作素子アンテナ集合に属さない素子アンテナを非動作状態にするように複数の動作切替部を制御する放射制御手順と、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて放射制御部が複数の動作切替部を制御している状態で、動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量でのフェーズドアレイアンテナが放射する電波を受信できる位置に配置された受信アンテナが受信する電波の電力の測定値である受信電力値を使用して、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナが放射し受信アンテナで受信される電波により生成される素子電界ベクトルの間での位

相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算手順と、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれが他の動作素子アンテナ集合と共通な素子アンテナを有するように決められており、かつ、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに対応する複数の位相計測素子アンテナ集合のそれぞれが他の位相計測素子アンテナ集合と共通な素子アンテナを有するように決められており、複数の位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の集合内位相差に基づき、異なる位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算手順を備えたものである。

発明の効果

[0015] この発明によれば、すべての素子アンテナを同時に動作状態することなしに、フェーズドアレイアンテナを構成する各素子アンテナの位相基準を揃えるように較正できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]この発明の実施の形態1に係るアレイアンテナ装置の電氣的構成を示すブロック図である。

[図2]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置が有する位相調整制御装置の機能構成を示すブロック図である。

[図3]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での素子アンテナ群の例を説明する図である。

[図4]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での1個目の動作素子アンテナ集合での集合内位相差を計算する例を示す図である。

[図5]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での2個目の動作素子アンテナ集合での集合内位相差を計算する例を示す図である。

[図6]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での素子電界ベクトルの位相差を計算する方法を例により説明する図である。

[図7]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での素子電界ベクトルの位相差を計算した結果を例により説明する図である。

[図8]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置において、すべての素子アンテナ

ナの位相基準を揃えて、すべての素子アンテナを使用して送電するまでの処理の1例を説明するフローチャートである。

[図9]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置の1回目に処理する動作素子アンテナ集合での素子アンテナの動作状態／非動作状態を表す図である。

[図10]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置の2回目に処理する動作素子アンテナ集合での素子アンテナの動作状態／非動作状態を表す図である。

[図11]実施の形態1に係るアレイアンテナ装置で使用する動作素子アンテナ集合によりビーム形状を水平方向に長細くできることを例により説明する図である。

[図12]この発明の実施の形態2に係るアレイアンテナ装置で処理する動作素子アンテナ集合での素子アンテナの動作状態／非動作状態を表す図である。

[図13]実施の形態2に係るアレイアンテナ装置で使用する動作素子アンテナ集合によりビーム形状を水平方向および鉛直方向に細くできることを例により説明する図である。

発明を実施するための形態

[0017] 実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1に係るアレイアンテナ装置の電気的構成を示すブロック図である。図1に示されるように、フェーズドアレイアンテナ50では、複数(N個)の素子アンテナ 1_n ($n=1, 2, \dots, N$)がアンテナ面上に配列されている。各素子アンテナ 1_n には、電力増幅器 2_n が接続されている。電力増幅器 2_n の入力端子には、可変移相器 3_n が接続されている。可変移相器 3_n の入力端子には、切替回路 4_n が接続されている。切替回路 4_n の入力端子には、送信機5が接続されている。なお、どの素子アンテナかを特定する必要がない場合は、素子アンテナ1などのように表記する場合がある。他の構成要素についても同様である。

[0018] 電力増幅器 2_n 、可変移相器 3_n 、切替回路 4_n および送信機5は、位相調整制御装置30により制御される。位相調整制御装置30は、CPU31、メモリ部32などを含む電子計算機により実装される。メモリ部32は、CP

U 3 1 で実行されるプログラムや処理に使用するデータあるいは処理の結果で得られるデータなどを記憶する。メモリ部 3 2 は、フラッシュメモリのような半導体メモリおよびハードディスクである。メモリ部 3 2 は、揮発性の記憶装置および不揮発性の記憶装置を含む。

[0019] 送信機 5 は、高周波の送信信号を生成する。送信信号は、図示しない分配回路により分配されて N 個の切替回路 4_n へ入力される。切替回路 4_n は、送信信号を可変移相器 3_n に入力するかどうかを切り替える。可変移相器 3_n は、入力される送信信号の位相を位相調整制御装置 3 0 から指示される位相変更量だけ変化させる。可変移相器 3_n が出力する位相を変更された送信信号は、電力増幅器 2_n に入力される。電力増幅器 2_n は、入力される送信信号を所望の電力まで増幅する。電力増幅器 2_n は、素子アンテナ 1_n に入力される送信信号の振幅を大きくする増幅器である。増幅された送信信号は、素子アンテナ 1_n から、電波として受信アンテナ 6 に向けて空間に放射される。複数組の素子アンテナ 1_n、電力増幅器 2_n、可変移相器 3_n および切替回路 4_n は、フェーズドアレイアンテナ 5 0 を構成する。N 個の素子アンテナ 1_n は、すべて同じ構成である。それぞれ N 個の電力増幅器 2_n、可変移相器 3_n および切替回路 4_n に関しても、それぞれすべて同じ構成である。

[0020] 素子アンテナ 1_n が動作状態にあるとは、素子アンテナ 1_n が電波を放射している状態である。非動作状態は、素子アンテナ 1_n が電波を放射していない状態である。切替回路 4_n は、素子アンテナ 1_n が電波を放射する動作状態と電波を放射しない非動作状態を切替える動作切替部である。1 個の切替回路 4_n が、複数個の素子アンテナ 1_n の動作状態または非動作状態を切替えてもよい。

[0021] 可変移相器 3_n は、決められた位相回転の刻み幅で位相を回転させる。位相の分解能を決められたビット数の整数で表現する場合には、刻み幅はビット数に応じて決まる。例えば、5 ビット移相器の場合には、刻み幅は $360^\circ / 2^5 = 11.25^\circ$ になる。

[0022] 図 1 に示すように、受信アンテナ 6 は、素子アンテナ 1 に対向して設置さ

れる。受信アンテナ6は、フェーズドアレイアンテナ50が放射する電波を受信できる位置に配置されていればよい。受信アンテナ6には、受信アンテナが受信する電波の電力である受信電力値を測定する受信回路7が接続されている。受信回路7で測定する受信電力値は、位相調整制御装置30に入力される。

[0023] 受信アンテナ6、受信回路7および位相調整制御装置30は、アンテナ測定装置を構成する。フェーズドアレイアンテナ50および位相調整制御装置30は、アレイアンテナ装置100を構成する。アンテナ測定装置は、フェーズドアレイアンテナ50が有する素子アンテナ1が放射する電波により生成され受信アンテナ6で受信される素子電界ベクトルの位相、または位相および振幅を測定する。

[0024] 図2に示すように、位相調整制御装置30は、素子電界演算回路11、受信電力値取得部12、放射制御部13、位相制御部14、位相受信電力値組生成部15、位相差計算部16、振幅比計算部17、振幅位相決定部18およびメモリ部32を有する。受信電力値取得部12、放射制御部13、位相制御部14、位相受信電力値組生成部15、位相差計算部16、振幅比計算部17、振幅位相決定部18は、メモリ部32に記憶した専用プログラムをCPU31で実行させることにより実現する。

[0025] 素子電界演算回路11は、入力される受信電力値と、その受信電力値が得られる際の動作状態にある素子アンテナ 1_n に送信信号を入力する可変移相器3に指令されている位相変更量とから、各素子アンテナ 1_n の素子電界の振幅および位相（素子電界ベクトル）を算出する。

[0026] 素子電界演算回路11は、素子電界ベクトル回転法（Rotating Element Electric Field Vector (REV) Method、REV法）により、各素子アンテナ 1_n の素子電界ベクトルを測定する。REV法では、動作状態にある1個の素子アンテナ 1_j に入力される送信信号の位相を変更し、変更した位相ごとに受信アンテナ6で受信する受信電力値を測定する。位相を変更する素子アンテナ 1_j に指令される位相変更量に対して、受信電力値はコサインカーブで変化する。

る。このコサインカーブがピークをとる位相変更量と受信電力値の最大値と最小値の比から、位相を変更する素子アンテナ 1_j の素子電界ベクトル E_j を計算する。1個ずつ素子アンテナ 1_j の位相を変更して、その素子電界ベクトルを求めることを繰り返して、動作状態にあるすべての素子アンテナ 1_n の素子電界ベクトル E_n を計算する。

[0027] メモリ部32には、素子アンテナ群定義データ71、動作素子アンテナ集合定義データ72、移相器集合定義データ73、素子電界ベクトル74、位相差75および振幅比76、位相受信電力値組77などを記憶する。素子アンテナ群10（図3に図示）は、同時に動作させる素子アンテナ1の集合を決める単位である。素子アンテナ群定義データ71は、素子アンテナ群10を定義するデータである。動作素子アンテナ集合定義データ72は、同時に動作させる素子アンテナ1の集合を表すデータである。移相器集合定義データ73は、素子電界ベクトルを求めるために同時に位相を変更する可変移相器3の集合を表すデータである。素子電界ベクトル74は、素子アンテナ1ごとに求められる。位相受信電力値組77は、素子電界ベクトル74を求めるために使用されるデータである。

[0028] 素子アンテナ群定義データ71は、すべての素子アンテナ1を重複なしに複数のグループに分ける素子アンテナ群10への分け方を定義するものである。素子アンテナ群10の例を図3に示す。図3は、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での素子アンテナ群の例を説明する図である。図3において、1個の「○」が、1個の素子アンテナ1を表している。なお、「○」で表現しているからといって、素子アンテナ1の放射面（開口面）が円形であることを意味しない。

[0029] 図3に示す例では、縦横にマトリクス状に配置した素子アンテナ 1_n の中で、縦に並ぶ1列の素子アンテナ1の集合を素子アンテナ群10とする。素子アンテナ群10の個数は、 Mg 個とする。各素子アンテナ群10に属する素子アンテナ1の個数はすべて同じで、 Mn 個とする。素子アンテナ群10の個数 Mg は、3以上であればよい。各素子アンテナ群10に属する素子アンテナ1

の個数 M_n は、2以上であればよい。また、素子アンテナ群10により、属する素子アンテナ1の個数が変化してもよい。素子アンテナ群10は物理的に隣接しない素子アンテナ1の集合でもよい。素子アンテナ群10は、仮想的なグループとして決められた素子アンテナ1の集合である。

[0030] 動作素子アンテナ集合20は、同時に動作させる複数の素子アンテナ群10である。動作素子アンテナ集合定義データ72は、素子アンテナ群10を単位として、どの2つの素子アンテナ群10を同時に動作させるかを定義するデータである。同時にすべての素子アンテナ1を動作状態にすることはできないので、複数の動作素子アンテナ集合20に分けて動作状態にする。動作素子アンテナ集合定義データ72は、一部の素子アンテナ1を動作状態にする複数の動作素子アンテナ集合20を、すべての素子アンテナ1を少なくとも1回は動作状態にするように定義する。動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1の個数は、放射する電波の電力が許容値以下になるように決める。

[0031] この実施の形態1では、動作素子アンテナ集合20の個数 M_d は、素子アンテナ群10の個数 M_g よりも1個少ない。すなわち、 $M_d = M_g - 1$ である。動作素子アンテナ集合20のそれぞれは、2個の素子アンテナ群10で構成される。2個の素子アンテナ群10の組合せは、動作素子アンテナ集合20ごとに異なる。2個の素子アンテナ群10は、1個の動作素子アンテナ集合20に属する。2個以外の素子アンテナ群10は、2個の動作素子アンテナ集合20に属する。共通に属する素子アンテナ群10を有する2個の動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ群10の和集合を取ることを繰り返すと、すべての動作素子アンテナ集合20を処理した後は、和集合はすべての素子アンテナ群10の集合になる。動作素子アンテナ集合定義データ72で定義される順番に、動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1を順番に動作状態にする。

[0032] 移相器集合定義データ73は、各動作素子アンテナ集合20において、同時に位相を変化させる可変移相器3の集合（可変移相器集合）を定義する。

ータである。素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルを求めるために、1 個または複数個の可変移相器 3 の位相を同時に変化させることを繰り返す。可変移相器集合のそれぞれでは、属する可変移相器 3 が異なる。すべての可変移相器 3 は、どれかの可変移相器集合に属する。複数の可変移相器集合に属する可変移相器 3 があってもよい。ここでは、同時に動作状態にする素子アンテナ 1 に対応する可変移相器 3 で 1 個ずつ位相を変化させるような可変移相器集合を、移相器集合定義データ 7 3 で定義する。移相器集合定義データ 7 3 を用いずに、動作素子アンテナ集合 2 0 に属する素子アンテナ 1 に対応する可変移相器 3 の集合から、可変移相器 3 を 1 個ずつ取り出すようなプログラムを実行することでもよい。

[0033] 位相受信電力値組 7 7 は、位相を変化させる可変移相器 3、位相を変化させる量である位相変更量、位相を変化させた状態で受信回路 7 が測定する受信電力値の組である。素子電界演算回路 1 1 は、可変移相器 3 ごとに複数の位相受信電力値組 7 7 を使用して、可変移相器 3 で位相が調整された送信信号が入力される素子アンテナ 1 の素子電界ベクトル 7 4 を演算する。なお、複数の可変移相器 3 で同時に位相を変更する場合は、位相を変更するすべての可変移相器 3 で同じ量だけ位相を変更し、位相受信電力値組 7 7 には可変移相器 3 の集合を記録する。位相受信電力値組 7 7 を記憶するメモリ部 3 2 は、動作素子アンテナ集合 2 0 ごとに、可変移相器集合、位相変更量および受信電力値の組である位相受信電力値組を記憶する位相受信電力値組記憶部である。

[0034] 受信電力値取得部 1 2 は、受信回路 7 が測定する受信電力値を取得する。放射制御部 1 3 は、動作素子アンテナ集合定義データ 7 2 で定義されている順番に動作素子アンテナ集合 2 0 を処理する。放射制御部 1 3 は、処理中の動作素子アンテナ集合 2 0 に属する素子アンテナ 1 を動作状態にし、それ以外の素子アンテナ 1 を非動作状態にするように、切替回路 4 を制御する。位相制御部 1 4 は、動作状態である素子アンテナ 1 に入力する送信信号の位相を変化させる可変移相器 3 を、移相器集合定義データ 7 3 にしたがって選択

する。選択した可変移相器 3 の位相を、刻み幅ごとに 360 度回転させるように制御する。位相受信電力値組生成部 15 は、位相制御部 14 が位相を回転させるごとに得られる受信電力値と、位相を回転させる量である位相変更量と、位相を回転させる可変移相器 3 との組である位相受信電力値組 77 を作成して、メモリ部 32 に格納する。

[0035] 素子電界演算回路 11 は、複数の位相受信電力値組 77 から例えば特許文献 1 に記載の方法で、各素子アンテナ 1_n の素子電界ベクトル E_n 、すなわち各素子アンテナ 1_n の位相ずれ Δ_n および振幅比 r_n を計算する。素子電界演算回路 11 は、計算した素子電界ベクトル 74 を、メモリ部 32 に記憶させる。

[0036] ここで、以下の変数を定義する。

E_n : 位相を回転させる可変移相器 3_n に対応する素子アンテナ 1_n の素子電界ベクトル。

E_0 : 処理中の動作素子アンテナ集合 20 に属するすべての素子アンテナ 1_n の位相および振幅を調整する前の状態である基準状態での合成電界ベクトル。

Δ_n : E_0 に対する E_n の位相差。

r_n : E_0 に対する E_n の振幅比。 $r_n = |E_n| / |E_0|$

[0037] 位相差 Δ_n は、素子電界ベクトル E_n と、共通な位相の基準（位相基準）になる合成電界ベクトル E_0 との位相差である。 Δ_n から、同じ動作素子アンテナ集合 20 に属する素子アンテナ 1_{n1} と素子アンテナ 1_{n2} との間の位相差 ($\Delta_{n1} - \Delta_{n2}$) も計算できる。素子電界演算回路 11 は、動作素子アンテナ集合 20 に属する素子アンテナ 1_n の素子電界ベクトル E_n の位相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算部である。

[0038] 振幅比 r_n は、素子電界ベクトル E_n の振幅 $|E_n|$ と、共通な振幅の基準である E_0 の振幅 $|E_0|$ との振幅比である。 r_n から、同じ動作素子アンテナ集合 20 に属する素子アンテナ 1_{n1} と素子アンテナ 1_{n2} との間の振幅比 r_{n1}/r_{n2} も計算できる。素子電界演算回路 11 は、動作素子アンテナ集合 20 に属する

素子アンテナ 1_n の素子電界ベクトル E_n の振幅比である集合内振幅比 r_n を計算する集合内振幅比計算部である。

[0039] 位相差計算部 16 は、異なる動作素子アンテナ集合 20 に属する素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルの間の位相差を計算する。位相差計算部 16 は、共通な素子アンテナ 1 を有する複数の動作素子アンテナ集合 20 で集合内位相差が決定できている場合に、共通でない素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルの間の位相差を計算する。あるいは、すべての動作素子アンテナ集合 20 で集合内位相差が決定できている場合に、位相差計算部 16 は、すべての素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルの間の位相差を計算する。同様に、振幅比計算部 17 は、異なる動作素子アンテナ集合 20 に属する素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルの間の振幅比を計算する。計算された位相差 75 および振幅比 76 は、メモリ部 32 に記憶される。

[0040] 振幅位相決定部 18 は、素子電界ベクトルの位相差と振幅比を考慮して、各可変移相器 3 に対する移相調整値（位相変更量）および各電力増幅器 2 に対する振幅調整値（増幅率）を決める。振幅位相決定部 18 は、フェーズドアレイアンテナ 50 が所望の放射ビームパターンで電波を放射するように、移相調整値と振幅調整値を決める。振幅位相決定部 18 は、素子アンテナの素子電界ベクトルの位相差から可変移相器の位相変更量を決める位相変更量決定部である。また、振幅位相決定部 18 は、素子アンテナの素子電界ベクトルの振幅比から増幅器の増幅率を決める増幅率決定部でもある。

[0041] すべての素子アンテナ 1_n が生成する素子電界ベクトル E_n の間の位相差 75 は、各可変移相器 3_n またはフェーズドアレイアンテナ 50 への入力信号を決める制御装置（位相調整制御装置 30 とは異なる場合）に記憶される。記憶された位相差 75 は、所望のビームパターンが得られるように、振幅位相決定部 18 が各素子アンテナ 1_n の位相を決める際に使用される。素子電界ベクトル E_n の間の振幅比 76 も同様である。ただし、振幅比 76 は、電力増幅器 2 に記憶される場合がある。

[0042] 図 4 から図 7 を参照して、位相差計算部 16 が位相差を計算する方法を説

明する。ここでは、 $NO = 1 \sim 6$ の素子アンテナ 1_{jA} を有する動作素子アンテナ集合 $2O_A$ で、合成電界ベクトル E_{0A} に対する素子電界ベクトル E_j の位相差 ΔjA 、($j = 1 \sim 6$)が計算できているとする。また、 $NO = 4 \sim 9$ の素子アンテナ 1_{jB} を有する動作素子アンテナ集合 $2O_B$ で、合成電界ベクトル E_{0B} に対する素子電界ベクトル E_j の位相差 ΔjB 、($j = 4 \sim 9$)が計算できているとする。位相差計算部 16は、計算した位相差 75を、メモリ部 32に記憶するとともに、合成電界ベクトル E_{0A} を位相の基準とする素子電界ベクトルに変換する。

[0043] 図4および図5は、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での2個の動作素子アンテナ集合で集合内位相差を計算する例を示す図である。図4(A)に、合成電界ベクトル E_{0A} が合成される様子を示す。図4(B)に、合成電界ベクトル E_{0A} と素子電界ベクトル E_{jA} の位相差 ΔjA 、($j = 1 \sim 6$)を示す。図4(B)では、基準になる合成電界ベクトル E_{0A} が図における右を向く状態で表示する。図5(A)に、合成電界ベクトル E_{0B} が合成される様子を示す。図5(B)に、合成電界ベクトル E_{0B} と素子電界ベクトル E_{jB} の位相差 ΔjB 、($j = 4 \sim 9$)を示す。

[0044] E_{0A} と E_{0B} との位相差 τ の計算方法を説明する。 τ は、 $\Delta jA = \Delta jB + \tau$ 、($j = 4 \sim 6$)が成立すべきなので、以下の誤差関数 F が最小になるように決められる。

$$F = (\Delta 4A - \Delta 4B - \tau)^2 + (\Delta 5A - \Delta 5B - \tau)^2 + (\Delta 6A - \Delta 6B - \tau)^2 \quad (1)$$

式(1)で表現される誤差関数 F を最小にするには、以下のように τ を決めればよい。なお、例えば $(\Delta 4A - \Delta 4B)$ は、素子アンテナ 1_4 により生成される素子電界ベクトルから分かる合成電界ベクトル E_{0A} および E_{0B} の位相差である。図4および図5では、動作素子アンテナ集合 $2O_A$ および $2O_B$ で共通な素子アンテナ1は、素子アンテナ 1_4 、 1_5 、 1_6 である。式(2)は、動作素子アンテナ集合 $2O_A$ および $2O_B$ で共通な素子アンテナ1ごとに計測できる合成電界ベクトル E_{0A} および E_{0B} の位相差の平均を、位相差 τ とすればよいこと

を意味する。

$$\tau = (\Delta 4A - \Delta 4B + \Delta 5A - \Delta 5B + \Delta 6A - \Delta 6B) / 3 \quad (2)$$

[0045] 式(2)のように決める τ を使用して、 E_{0A} と各素子電界ベクトル E_j 、($j = 1 \sim 9$)の位相差 Δ_j を以下のように決める。式(3B)で、 $(\Delta_j B + \tau)$ は、動作素子アンテナ集合 20_B で計算した素子電界ベクトル $E_j B$ と合成電界ベクトル E_{0A} との位相差である。したがって、式(3B)は、素子アンテナ 1_4 、 1_5 、 1_6 に関しては、2回計算した素子電界ベクトル $E_j A$ および $E_j B$ を同じ基準でのものに変換して、平均をとればよいことを意味する。

$$\Delta_j = \Delta_j A \quad j = 1 \sim 3 \quad (3A)$$

$$\Delta_j = (\Delta_j A + \Delta_j B + \tau) / 2 \quad j = 4 \sim 6 \quad (3B)$$

$$\Delta_j = \Delta_j B + \tau \quad j = 7 \sim 9 \quad (3C)$$

[0046] より簡単には、1個の素子アンテナ 1_n での合成電界ベクトルAおよびBの位相差により、例えば以下のようにして決めてもよい。この場合には、 $\Delta 5B$ および $\Delta 6B$ は、計算しなくてもよい。少なくとも1個の素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナ 1_n で、再度、素子電界ベクトルを計算すればよい。

$$\tau = \Delta 4A - \Delta 4B \quad (4)$$

$$\Delta_j = \Delta_j A \quad j = 1 \sim 6 \quad (5A)$$

$$\Delta_j = \Delta_j B + \tau \quad j = 7 \sim 9 \quad (5B)$$

[0047] 図6は、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での素子電界ベクトルの位相差を計算する方法を例により説明する図である。図6(A)に、 E_{0A} と E_4 の関係を示す。図6(B)に、 E_{0B} と E_4 の関係を示す。基準となる E_{0A} を太線で示し、 E_{0B} は一点鎖線で示す。図6(C)に、 E_{0A} と E_{0B} を重ね合わせた図を示す。本来、同じであるべき E_4 がずれていることが分かる。このずれの角度差は、 E_{0A} を基準とすると $\tau = \Delta 4A - \Delta 4B$ である。図において、反時計回りの方向の角度を正とする。 τ は時計回りの角度なので $\tau < 0$ になる。図6(D)が、 E_4 が一致するように、 $\tau = \Delta 4A - \Delta 4B$ の回転量で、 E_{0B} を回転させた状態を示す。図7が、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置での素子電界ベクトルの位相差を計算した結果を例により説明する図である。 E_j 、($j =$

7～9) を τ の回転量で回転させ、 Δj 、 ($j = 7 \sim 9$) が E_{0A} を基準とした角度になることが分る。

[0048] 式(3C)または式(5B)では、動作素子アンテナ集合 20_B で計算した素子電界ベクトルの位相を、動作素子アンテナ集合 20_A での基準に対する位相に τ を使用して補正している。 τ は、動作素子アンテナ集合 20_B で計算した素子電界ベクトルの位相を、動作素子アンテナ集合 20_A での基準に対する位相に補正する補正值と考えることができる。動作素子アンテナ集合 20 は、処理前には素子電界ベクトルを未計算である素子アンテナ 1_n も動作素子アンテナ集合 20 は含む必要がある。今回、素子電界ベクトルを初めて計算する素子アンテナ 1_n は、式(3C)または式(5B)が適用されて、位相差が計算される。そうすることで、共通の基準に対して位相差を計算した素子アンテナ 1_n の数が増加する。

[0049] 振幅比に関しても対数值 (例えば、デシベル、dB) で表現すれば、位相差と同様に計算できる。振幅位相決定部 18 は、振幅比 r_n の対数を取った値である $c_n = 10 * \log_{10}(r_n)$ から、 E_{0A} と E_{0B} との振幅比 $\xi = 10 * \log_{10}(|E_{0A}| / |E_{0B}|)$ および $|E_{0A}|$ に対する振幅比 c_j を計算する。動作素子アンテナ集合 20_A では、合成電界ベクトル E_{0A} に対する素子電界ベクトル E_j の振幅比 c_{jA} 、 ($j = 1 \sim 6$) が計算できているとする。また、動作素子アンテナ集合 20_B では、合成電界ベクトル E_{0B} に対する素子電界ベクトル E_j の位相差振幅比 c_{jB} 、 ($j = 4 \sim 9$) が計算できているとする。振幅比計算部 17 は、計算した振幅比 76 をメモリ部 32 に記憶するとともに、合成電界ベクトル E_{0A} を振幅の基準とする素子電界ベクトルに変換する。

[0050] 位相差の場合と同様にして、 E_{0A} と E_{0B} との振幅比 ξ および E_{0A} に対する各素子電界ベクトル E_j 、 ($j = 1 \sim 9$) の振幅比 c_j は、以下のように計算できる。

$$\xi = (c_{4A} - c_{4B} + c_{5A} - c_{5B} + c_{6A} - c_{6B}) / 3 \quad (6)$$

$$c_j = c_{jA} \quad j = 1 \sim 3 \quad (7A)$$

$$c_j = (c_{jA} + c_{jB} + \xi) / 2 \quad j = 4 \sim 6 \quad (7B)$$

$$c_j = c_{jB} + \xi \quad j = 7 \sim 9 \quad (7C)$$

[0051] より簡単には、例えば以下のようにして決めてもよい。

$$\xi = c_{4A} - c_{4B} \quad (8)$$

$$c_j = c_{jA} \quad j = 1 \sim 6 \quad (9A)$$

$$c_j = c_{jB} + \xi \quad j = 7 \sim 9 \quad (9B)$$

[0052] 式(7C)または式(9B)では、動作素子アンテナ集合 20_B で計算した素子電界ベクトルの振幅比を動作素子アンテナ集合 20_A での基準に対する振幅比に ξ を使用して補正している。 ξ は、動作素子アンテナ集合 20_B で計算した素子電界ベクトルの振幅比を、動作素子アンテナ集合 20_A で計算した素子電界ベクトルでの基準に対する振幅比に補正する補正值と考えることができる。

[0053] 動作を説明する。図8は、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置において、すべての素子アンテナの位相基準を揃えて、すべての素子アンテナを使用して送電するまでの処理の1例を説明するフローチャートである。図8は、フェーズドアレイアンテナの位相調整方法を説明するフローチャートと考えることもできる。

[0054] ステップS01とステップS02は、予め実施しておく。S01では、N個の素子アンテナ1を、図3に示すように素子アンテナ群10に分割する。ここでは、例としてMn行Mg列の(Mn*Mg)個の素子アンテナ1を、鉛直方向に並ぶMn個の素子アンテナ1で1個の素子アンテナ群10を生成するとする。図において、左側から素子アンテナ群 10_1 、 10_2 、…、 10_{Mg} とする。

[0055] S02では、素子アンテナ群10を単位として、動作素子アンテナ集合20を決める。決めた動作素子アンテナ集合20を表す動作素子アンテナ集合定義データ72として、メモリ部32に記憶しておく。ここでは、動作素子アンテナ集合 20_n を同時に動作状態にする2個の素子アンテナ群 10_n を(10_1 , 10_2)などのように括弧で囲んで表現する。最初に実行する動作素子アンテナ集合 20_1 から順に表現すると、例えば、以下のようになる。

$$20_1 = (10_1, 10_2)$$

$$20_2 = (10_2, 10_3)$$

$$20_3 = (10_3, 10_4)$$

...

$$20_{Mg-1} = (10_{Mg-1}, 10_{Mg})$$

- [0056] S01およびS02の処理は、すべての素子アンテナ1から複数の動作素子アンテナ集合20を選択する動作素子アンテナ集合選択手順である。
- [0057] 上に示す場合では、1回目の動作素子アンテナ集合20₁は、図9に示すようになる。図9において、動作状態（電波を放射する）である素子アンテナ1を二重丸「◎」で表し、非動作状態（電波を放射しない）である素子アンテナ1を白丸「○」で表す。2回目の動作素子アンテナ集合20₂は、図10に示すようになる。左から2列ずつ1列を重複させながら選んで、動作素子アンテナ集合20_nとする。図9および図10は、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置の1回目および2回目に処理する動作素子アンテナ集合20₁、20₂での素子アンテナの動作状態／非動作状態を表す図である。図9および図10で、動作素子アンテナ集合20_nは、一点鎖線で囲んで表示する。
- [0058] S01での、N個の素子アンテナ1をMg個の素子アンテナ群10に分割する処理は、予めプログラミングして自動化しても、ユーザが手動で実施してもよい。手動で実施する場合には、表示端末などに表示するユーザ設定用の画面などのヒューマンインターフェースなどを、位相調整制御装置が具備する。また、手動で実施する場合には、許容放射電力量などの制約条件を充足しているかどうかをチェックする機能を、位相調整制御装置が有することが望ましい。
- [0059] 動作素子アンテナ集合を決めておく処理であるS02を実行しないで、次に処理する動作素子アンテナ集合20を決める際ごとに、ユーザが手動で素子アンテナ群10を選択して動作素子アンテナ集合20を決めるようにしてもよい。その場合には、ユーザが動作素子アンテナ集合20を決める上で必要あるいは有益な情報を提示することでユーザを支援する機能を持たせるとよい。例えば、動作素子アンテナ集合20は、素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナ群10と未計算の素子アンテナ群10を共に含むように決める

必要がある。そこで、すでに素子電界ベクトルを計算した素子アンテナ群10と、素子電界ベクトルを未計算の素子アンテナ群10とを区別して、ユーザに提示する。

[0060] ステップS03で、処理済の動作素子アンテナ集合20の数Ndを、 $Nd = 0$ と初期化する。ステップS04では、動作素子アンテナ集合定義データ72を参照して、次に処理する動作素子アンテナ集合20を決める。具体的には、未処理の中で最も前にある動作素子アンテナ集合20を取り出す。ステップS05では、放射制御部13が処理中の動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1を動作させ、動作素子アンテナ集合20に属さない素子アンテナ1を動作させない。また、送信機5が送信信号を送信することを開始する。

[0061] S05は、切替回路4で同時に動作状態または非動作状態を切り替えられる素子アンテナ1を単位に決められた、一部の素子アンテナ1の集合である複数の動作素子アンテナ集合20のそれぞれに応じて、動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1を動作状態にし、動作素子アンテナ集合20に属さない素子アンテナ1を非動作状態にするように複数の切替回路4を制御する放射制御手順である。

[0062] ステップS06では、動作素子アンテナ集合に属する素子アンテナを1個ずつその位相を変化させて、REV法で素子電界ベクトルを求める。具体的には、動作状態にある素子アンテナ1を1個ずつ選択する。選択した素子アンテナ1に対応する可変移相器3の移相設定値（位相変更量）を刻み幅ごとに設定する。そうすることで、素子アンテナ1が放射する電波の位相を回転させる。移相設定値のそれぞれで、受信アンテナ6が受信する信号の受信電力値を計測する。可変移相器3の移相設定値ごとに、位相受信電力値組77を生成してメモリ部32に記憶する。位相受信電力値組77は、受信アンテナ6が受信する信号の受信電力値、移相設定値および位相を変更する可変移相器3の組である。REV法により、記憶された複数の位相受信電力値組77を用いて、位相を変化させた可変移相器3に対応する素子アンテナ1の素

子電界ベクトルを計算する。動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナの中で素子電界ベクトルを計算する素子アンテナの集合を、位相計測素子アンテナ集合と呼ぶ。位相計測素子アンテナ集合は、動作素子アンテナ集合20に属する少なくとも一部の素子アンテナ1の集合である。

[0063] S06は、複数の動作素子アンテナ集合20のそれぞれに応じて放射制御部13が複数の切替回路4を制御している状態で、動作素子アンテナ集合20に属する少なくとも一部の素子アンテナ1の集合である位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナ1に入力される送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量でのフェーズドアレイアンテナ50が放射する電波を受信できる位置に配置された受信アンテナ6が受信する電波の電力の測定値である受信電力値を使用して、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナ1が放射し受信アンテナ6で受信される電波により生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算手順である。また、S06は、それぞれの動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1に対応して設けられた可変移相器3の集合であり、属する可変移相器3が異なるように決められた複数の可変移相器集合のそれぞれに応じて、対応する動作素子アンテナ集合20に応じて放射制御部13が複数の切替回路4を制御する状態で、可変移相器集合に属する可変移相器3が同じ位相変更量だけ送信信号の位相を変更するように、異なる複数の位相変更量で可変移相器3を制御する位相制御手順である。

[0064] ステップS07で、放射制御部13がすべての素子アンテナ1を非動作状態にする。また、送信機5が送信信号を送信することを停止する。

[0065] S06で位相を回転させる1個の素子アンテナ1を決める処理は、動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1に対応して設けられた素子アンテナ1の位相を変更する可変移相器3の集合である可変移相器集合を、可変移相器集合のそれぞれに属する可変移相器3が異なるように複数生成する可変移相器集合生成手順である。

[0066] S06で、可変移相器3に設定する複数の移相設定値のそれぞれで測定さ

れた受信電力値、可変移相器集合および移相設定値の組である、複数の位相受信電力値組を作成してメモリ部32に記憶させる処理は、位相受信電力値組生成手順である。REV法で素子アンテナ1ごとに素子電界ベクトルを計算する処理は、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナ1が生成する素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算手順である。また、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナ1が生成する素子電界ベクトルの間での振幅比である集合内振幅比を計算する集合内振幅比計算手順である。

[0067] ステップS08で、素子電界ベクトルをメモリ部32に格納する。ステップS09では、1個目の動作素子アンテナ集合20を処理中かどうか($N_d = 0?$)をチェックする。1個目の場合(S09でYES)は、ステップS10で、 $N_d = N_d + 1$ とする。ステップS11で、すべての動作素子アンテナ集合20を処理したかどうか($N_d = M_d?$)をチェックする。すべての動作素子アンテナ集合20を処理していない場合(S11でNO)は、S04へ戻る。

[0068] 2個目以降の動作素子アンテナ集合20でも、S04~S08を実行する。1個目でない(S09でNO)ので、ステップS12に進む。S12では、計算済の素子電界ベクトルと今回、計算した素子電界ベクトルから補正值 τ と ξ を計算し、素子電界ベクトルを修正する。具体的には、S06で素子電界ベクトルを2回目に計算した素子アンテナ群では、各素子アンテナ1で2個の素子電界ベクトルが得られている。2個の素子電界ベクトルが計算されている素子アンテナでは、2個の素子電界ベクトルの間の位相差 τ を式(2)または式(4)で計算し、振幅比 ξ を式(6)または式(8)で計算する。さらに、 τ を式(2)で計算する場合には、素子アンテナ1ごとの素子電界ベクトルの位相を式(3B)で修正する。 ξ を式(6)で計算する場合には、振幅比は式(7B)で修正する。図10では、素子アンテナ群10₂に属する素子アンテナ1が、2回目に素子電界ベクトルを計算した素子アンテナ1である。

[0069] ステップS13で、初めて計算した素子電界ベクトルを、補正值 τ と ξ で

補正する。具体的には、初めて素子電界ベクトルを計算した素子アンテナ群では、今回、計算した素子電界ベクトルの位相を式(3C)または式(5B)で修正する。振幅比は式(7C)または式(9B)で修正する。そして、S10に進む。式(3C)または式(5B)は、今回の動作素子アンテナ集合20で計算した素子電界ベクトルの位相を、初回の動作素子アンテナ集合20₁での合成電界ベクトルを基準にした値に補正する補正值 τ で補正する式である。また、式(7C)または式(9B)は、今回に計算した素子電界ベクトルの振幅比を、初回の動作素子アンテナ集合20₁での合成電界ベクトルを基準にした値に補正する補正值 ξ で補正する式である。

[0070] こうして、例えば図10では、素子アンテナ群10₃に属する素子アンテナ1が、初めて素子電界ベクトルを計算した素子アンテナ1である。図10に示す動作素子アンテナ集合20₂で素子電界ベクトルを計算した後では、素子アンテナ群10₁、10₂、10₃に属する素子アンテナ1で、位相基準を揃えて素子電界ベクトルを計算することができる。

[0071] S12の処理は、共通な素子アンテナを含む複数の位相計測素子アンテナ集合で計算した集合内位相差に基づき、異なる位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナ1が生成する素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算手順である。また、複数の位相計測素子アンテナ集合で計算した集合内振幅比に基づき、異なる位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナ1が生成する素子電界ベクトルの振幅比を計算する振幅比計算手順である。

[0072] すべての動作素子アンテナ集合20を処理した場合(S11でYES)は、ステップS14で、振幅位相決定部18が、素子電界ベクトルの位相差と振幅比を考慮して、所望の放射ビームパターンが得られるように、各可変移相器3に対する移相調整値および各電力増幅器2に対する振幅調整値を決める。

[0073] S14の処理は、各素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの位相差から、素子アンテナ1に対応する可変移相器3で変更する位相変更量を決める位相変更量決定手順である。また、各素子アンテナが生成する素子電界ベク

トルの振幅比から、素子アンテナ 1 に対応する電力増幅器 2 で増幅する増幅率を決める増幅率決定手順である。

[0074] ステップ S 1 5 で、放射制御部 1 3 がすべての素子アンテナ 1 を動作状態にし、送信機 5 に送信信号の送信を開始させる。

[0075] 一部の素子アンテナを動作状態にして、REV法により各素子アンテナの素子電界ベクトルを求めることを繰り返す。動作状態にする素子アンテナの一部に素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナを含ませて、素子電界ベクトルを計算する。そうすることで、すべての素子アンテナを同時に動作状態にすることなしに、すべての素子アンテナの素子電界ベクトルを共通の基準に対する値にすることができる。共通の基準に対する各素子アンテナの素子電界ベクトルが得られているので、所望のビームパターンを生成する際に、各素子アンテナ 1 に対する位相調整値および振幅調整値を適切に決めて、所望のビームパターンを生成できる。

[0076] REV法により素子電界ベクトルを求めるために動作状態にする一部の素子アンテナの数を同じにしているので、許容放射電力量の範囲内で効率よく、各素子アンテナの位相の基準を較正することができる。動作状態にする素子アンテナの数を同じにしなくてもよい。最も多くの素子アンテナを動作状態にする場合に、放射する電波の電力が許容放射電力量以下であれば、動作状態にする素子アンテナの数は同じでなくてもよい。

[0077] 図 8 における S 0 4 ~ S 1 4 の処理をすべての素子アンテナ群 1 0 に対して適用することで、すべての素子アンテナ 1 の位相基準を合わせた状態で、フェーズドアレイアンテナ 5 0 が有する電力増幅器 2 の振幅調整値および可変移相器 3 の位相調整値を演算して、設定することができる。つまり、各素子アンテナ 1 の素子電界ベクトルの位相および振幅を較正できる。このように較正したフェーズドアレイアンテナ 5 0 では、所望のビームパターンで電波を空間に放射できる。

[0078] この実施の形態によれば、許容放射電力値などの安全基準が守れるように決めた複数の素子アンテナ群 1 0 を使用して、少なくとも 1 個の素子アンテナ

ナ群10を重複させながら、少なくとも2個の素子アンテナ群10に属する素子アンテナ1ごとにREV法により、位相基準が揃うように校正する。そうすることで、位相調整制御装置30で共通の電界ベクトルに対して各素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの位相を校正することができる。素子アンテナ群10を予め定義しておくことで、素子電界ベクトルを計算する処理を効率よくできる。すべての素子アンテナ1を動作状態にしなくても、すべての素子アンテナ1を動作状態として実施する場合と同程度の精度で、位相基準および振幅基準が揃うように校正できる。位相基準だけを校正して、振幅基準は校正しなくてもよい。

[0079] アレイアンテナ装置100では、屋外に設置した状態で、実際に電波を放射して各素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの位相および振幅を測定できる。アレイアンテナ装置100は、周囲環境の影響も含んで精度よく校正できる。

[0080] 位相調整制御装置30により、電磁波使用の安全基準として国が制定している電波法や電波防護指針などの安全基準に準拠した許容放射電力値の範囲内で電波を放射することができる。したがって、この発明に係るアレイアンテナ装置、アンテナ測定装置、フェーズドアレイアンテナの位相調整方法では、人身への有害な電磁波被曝、周囲の無線通信機器へ障害を発生させることなどを回避できる。

[0081] 動作状態の素子アンテナ1の放射面（開口面）の和を合成放射面（合成開口面）と呼ぶ。アレイアンテナ装置100では、合成放射面が鉛直方向に長い長方形になるように、素子アンテナ群10を決めている。図11を参照して、合成放射面が鉛直方向に長い長方形になる素子アンテナ群10の決め方を説明する。図11は、実施の形態1に係るアレイアンテナ装置で使用する動作素子アンテナ集合20によりビーム形状を水平方向に長細くできることを例により説明する図である。図11(A)は、動作素子アンテナ集合20₂に属する素子アンテナ1を動作状態にする図を示している。図11(B)は、すべての素子アンテナ1を動作状態にする図を示している。図11(C)は、比較例

として、縦横4個ずつの正方形の配置の素子アンテナ1を動作状態にする動作素子アンテナ集合 20_z を示している。動作素子アンテナ集合 20_z および 20_z では、動作状態にする素子アンテナの数は16個で同じである。

[0082] 図11(D)に、生成されるビーム形状を示す。動作素子アンテナ集合 20_z に属する素子アンテナ1で生成されるビーム形状81は、水平方向に長い楕円形状になる。なお、図11(D)では、ビーム形状を拡大して示している。実際のビーム形状81の水平方向の長さは、フェーズドアレイアンテナ50の水平方向の長さよりも短い。鉛直方向の長さをフェーズドアレイアンテナ50の高さと同じにする場合には、一部の素子アンテナを動作状態にするビーム形状81の鉛直方向でのビームの広がり、すべての素子アンテナを動作状態にするビーム形状82と同等である。水平方向に長い楕円形状とすることで、例えば、地上設置型のアンテナでは、地面や海面などからの散乱の影響を少なくできる。地面や海面などからの散乱の影響が少ないので、一部の素子アンテナを動作状態にする場合で、すべての素子アンテナを動作状態にする場合と同等の精度で較正することができる。略正方形の合成放射面になる動作素子アンテナ集合 20_z のビーム形状83は、ほぼ円形である。ビーム形状83は、ビーム形状81よりも水平方向の長さは小さいが、鉛直方向の長さは大きくなる。ビーム形状83の場合は、地面などの散乱の影響が大きくなり、較正の精度が低下する。

[0083] 合成放射面が鉛直方向に長いとは、合成放射面の鉛直方向の長さが鉛直長下限値以上である場合をいう。鉛直長下限値は、ビーム形状の鉛直方向の幅が所望の値以下になるように決める。フェーズドアレイアンテナ50の放射面を水平方向に分割すれば、そのように分割した合成放射面により生成されるビーム形状の鉛直方向の長さは、すべての素子アンテナ1を動作状態にする場合のビーム形状の鉛直方向の長さと同程度にできる。ビーム形状の鉛直方向での長さがある程度の広がりを許容できる場合は、鉛直方向にも放射面を分割してもよい。

[0084] 側面方向に障害物あるいは電波が照射されないことが望ましい物体などが

ある場合には、水平方向に長い合成放射面を有するような動作素子アンテナ集合20を使用するようにしてもよい。

[0085] 2回目以降で使用する動作素子アンテナ集合20を、素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナ群と素子電界ベクトルを未計算の素子アンテナ群とを共に含むように決めている。そのため、共通の合成電界ベクトルを基準とする位相差や振幅比を求める処理が簡単になる。2回目以降でも素子電界ベクトルを未計算の素子アンテナ群だけ、素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナ群だけを含むような動作素子アンテナ集合20が発生するような順番で、動作素子アンテナ集合20を処理するようにしてもよい。その場合には、動作素子アンテナ集合20を処理する順番に関する自由度が増大する。ただし、異なる合成電界ベクトルを基準とする素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナ群が存在する場合に、共通の合成電界ベクトルを基準とする位相差や振幅比に設定する処理が複雑になる。

[0086] 動作素子アンテナ集合20は、素子アンテナ群10を2個ずつ含むとしたが、3個以上の素子アンテナ群10を含むようにしてもよい。例えば3個の場合は、素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナ群10を1個にして、未計算の素子アンテナ群20を2個にしてもよい。素子アンテナ群を予め決めていなくてもよい。同時に動作状態にする素子アンテナの数が上限以下であり、すべての素子アンテナが1回は動作状態になり、共通な素子アンテナを有する複数の動作素子アンテナ集合20の和をとることを繰り返すと、和集合はすべての素子アンテナ1の集合になるような複数の動作素子アンテナ集合20であればよい。共通な素子アンテナが存在する動作素子アンテナ集合20の和集合をすべての動作素子アンテナ集合20について求めると、和集合はすべての素子アンテナの集合になるように、複数の動作素子アンテナ集合20を決めればよい。

[0087] ここで、2つの集合が共通な要素を持つ場合に2つの集合の和をとることが可能であり、共通な要素を持たない場合に2つの集合の和をとれないとする。共通な要素を持つ2つの集合の和をとることを、集合を連結と呼ぶ

。連結した集合を、別の集合と連結することもできる。動作素子アンテナ集合20は、すべての動作素子アンテナ集合20の連結をとるとすべての素子アンテナの集合になるように決める必要がある。なお、動作素子アンテナ集合20は、1個の切替回路で電波を放射するかどうかを切替えられる1個または複数個の素子アンテナ1を単位に決める。

[0088] 素子電界ベクトルを未計算である素子アンテナが無くなった時点で処理を終了したが、異なる動作素子アンテナ集合20で素子電界ベクトルを計算することを継続してもよい。合成電界ベクトル間の位相差 τ および振幅比 ξ は、複数個の素子電界ベクトルを計算した素子アンテナごとに、複数個の素子電界ベクトルが一致するような位相差($\Delta jA - \Delta jB$)と振幅比($c jA - c jB$)を求めて、それらの平均に決めればよい。素子アンテナごとの素子電界ベクトルは、合成電界ベクトル間の位相差 τ と振幅比 ξ を考慮して、共通の合成電界ベクトル E_{0A} に対する素子電界ベクトルの位相差 $\Delta jB + \tau$ と振幅比 $c jA + \xi$ に変換して、それらの平均とすればよい。そうすることで、素子アンテナごとに求める素子電界ベクトル間の位相差や振幅比への測定誤差の影響を小さくすることができる。

[0089] 必要最小限の数よりも多く素子電界ベクトルを求める場合には、複数の動作素子アンテナ集合20の中に、一方が他方を包含する関係にある動作素子アンテナ集合20があってもよい。また、位相計測素子アンテナ集合が別の位相計測素子アンテナ集合を包含してもよい。包含される位相計測素子アンテナ集合は、各素子アンテナの調整を速く実施することには寄与しないが、素子電界ベクトルへの計測誤差の影響を小さくする上では有効である。

[0090] 動作素子アンテナ集合20を処理する際に、素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナに対して計算可能な場合はすべて素子電界ベクトルを計算した。必ずしもそうする必要はなく、素子電界ベクトルを計算済の素子アンテナの中で、少なくとも1個について再度、素子電界ベクトルを計算すればよい。そして、処理中の動作素子アンテナ集合20に含まれる素子電界ベクトルを未計算の素子アンテナの中で、少なくとも1個について素子電界ベクトル

を計算すればよい。なお、処理中の動作素子アンテナ集合 20 に含まれ、未処理の動作素子アンテナ集合 20 には含まれない素子アンテナは、すべて素子電界ベクトルを計算する必要がある。動作素子アンテナ集合 20 のそれぞれに対応する複数の位相計測素子アンテナ集合は、共通な素子アンテナが存在する位相計測素子アンテナ集合の和集合をすべての位相計測素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての素子アンテナの集合になるように決めればよい。

[0091] 較正していない素子アンテナがあっても、全体に対する割合が小さければ、アレイアンテナ装置全体としての性能の劣化は許容できる場合がある。

[0092] 切替回路 4 は、素子アンテナ 1 に送信信号が入力されるか切り替える。図 1 では、切替回路 4 に機械的なスイッチを使用する図を示している。切替回路 4 は、電気的なスイッチを使用してもよい。切替回路 4 を送信機 5 の内部に設けるようにしてもよい。

[0093] 受信アンテナ 6 は、単一アンテナでもアレイアンテナでもよい。受信アンテナ 6 を設置する位置は、フェーズドアレイアンテナ 50 を構成する各素子アンテナ 1 が放射する電波を受信できる位置であればよい。

[0094] ここでは、フェーズドアレイアンテナ 50 は、送電アンテナとして説明した。フェーズドアレイアンテナ 50 の素子アンテナ 1_n と電力増幅器 2_n の間にサーキュレータを設け、サーキュレータの素子アンテナ 1_n からの信号が出力される端子に受信機を接続することで、送受電アンテナとすることもできる。

[0095] アレイアンテナ装置 100 では、1 個の素子アンテナ 1_n に、1 個の電力増幅器 2_n と 1 個の可変移相器 3_n とを備える。複数個の素子アンテナに対応して、電力増幅器または可変移相器のどちらかまたは両方を設けてもよい。電力増幅器により、対応する素子アンテナの個数が異なるものであってもよい。可変移相器により、対応する素子アンテナの個数が異なるものであってもよい。

[0096] 複数の素子アンテナが放射する電波の位相を同時に変化させて、受信電力

値を測定してもよい。例えば、素子アンテナ 1_1 と素子アンテナ 1_2 を同時に同じ量だけ位相を変化させて測定した複数の受信電力値から、素子アンテナ 1_1 と素子アンテナ 1_2 が生成する電界ベクトルを計算し、素子アンテナ 1_1 の素子電界ベクトルをベクトルとして減算することで、素子アンテナ 1_2 だけで位相を変化させることなく、素子アンテナ 1_2 の素子電界ベクトルを計算することができる。

[0097] RE V法を改良した方法で素子電界ベクトルを計算してもよい。例えば、特開2012-112812に記載のように、少なくとも2つの素子アンテナをその通過位相を同時に回転させ受信電力値を測定して、通過位相(位相変更量)の変化に対する測定した受信電力値の変化をフーリエ級数展開して、複数の素子アンテナの素子電界ベクトルを測定する方法を使用してもよい。

[0098] 複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれにおいて、その動作素子アンテナ集合に属する素子アンテナに対応して設けられた可変移相器の集合であり、属する可変移相器が異なるように決められた複数の可変移相器集合は、すべての素子アンテナの間の位相差を求められるように決められていればよい。

[0099] 位相制御部は、それぞれの動作素子アンテナ集合に属する素子アンテナに対応して設けられた可変移相器の集合であり、属する可変移相器が異なるように決められた複数の可変移相器集合のそれぞれに応じて、対応する動作素子アンテナ集合に応じて放射制御部が複数の動作切替部を制御する状態で、可変移相器集合に属する可変移相器が同じ位相変更量だけ送信信号の位相を変更するように、異なる複数の位相変更量で可変移相器を制御するものであれば、どのようなものでもよい。

[0100] 集合内位相差計算部は、複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて放射制御部が複数の動作切替部を制御している状態で、動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナに入力される送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量での受信電力値を使用して、位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの素子アンテナが放射し受信アンテナで受信される電波に

より生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計算するものであれば、どのようなものでもよい。

[0101] 集合内振幅比計算部は、位相計測素子アンテナ集合ごとに、位相計測素子アンテナ集合に属する素子アンテナが生成する素子電界ベクトルの振幅比である集合内振幅比を計算するものであれば、どのようなものでもよい。

以上のことは、他の実施の形態でもあてはまる。

[0102] 実施の形態 2.

実施の形態 2 は、鉛直方向に長い合成放射面が水平方向に間隔をおいてできるように動作素子アンテナ集合 2 1 を決める場合である。図 1 1 に示すように素子アンテナ 1 が配列されたフェーズドアレイアンテナ 5 0 の場合には、動作素子アンテナ集合 2 1_n は、以下のように決める。

$$2 1_1 = (1 0_1, 1 0_5)$$

$$2 1_2 = (1 0_2, 1 0_5)$$

$$2 1_3 = (1 0_2, 1 0_6)$$

$$2 1_4 = (1 0_3, 1 0_6)$$

$$2 1_5 = (1 0_3, 1 0_7)$$

$$2 1_6 = (1 0_4, 1 0_7)$$

$$2 1_7 = (1 0_4, 1 0_8)$$

[0103] 図 1 2 は、実施の形態 2 で使用する動作素子アンテナ集合 2 1 の例を説明する図である。図 1 2 (A) に、1 回目の動作素子アンテナ集合 2 1₁ を示す。図 1 2 (B) に、2 回目の動作素子アンテナ集合 2 1₂ を示す。図 1 2 (C) に、3 回目の動作素子アンテナ集合 2 1₃ を示す。図 1 2 (D) に、7 回目の動作素子アンテナ集合 2 1₇ を示す。図 1 2 では、図を見やすくするために素子アンテナ群 1 0_n は図示しない。動作素子アンテナ集合 2 1_n では、合成開口面が分離している。

[0104] 図 1 2 に示す場合には、奇数回目の動作素子アンテナ集合 2 1 では、2 個の動作状態の素子アンテナ群 1 0 が水平方向に間に 3 個の非動作状態の素子アンテナ群 1 0 が存在する。偶数回目には、2 個の非動作状態の素子アンテナ

ナ群10を挟んで、2個の動作状態の素子アンテナ群10を配置する。1個の動作状態の素子アンテナ群10の合成放射面が、他の動作状態の素子アンテナ群10の合成放射面と分離している場合に、分離している1個の動作状態の素子アンテナ群10の合成放射面を、部分合成放射面（部分合成開口面）と呼ぶ。図12に示す場合は、鉛直方向に長い2個の部分合成放射面が存在する。複数の部分合成放射面を囲む最小の凸な範囲である被覆範囲91を、破線で示す。

[0105] 部分合成放射面とは、動作素子アンテナ集合20に属する素子アンテナ1の放射面の中で、互いに隣接する放射面を合成した放射面である。動作素子アンテナ集合20に属する他の素子アンテナ1の放射面に隣接しない放射面を有する素子アンテナ1が動作素子アンテナ集合20に含まれる場合は、複数の部分合成放射面が存在することになる。

[0106] 図12に示す様に水平方向に離れた素子アンテナ群10を同時に動作させると、図13に示すように、実施の形態1の場合よりも水平方向に細いビーム形状にすることができる。図13は、実施の形態2に係るアレイアンテナ装置での動作素子アンテナ集合21の選び方によるビーム形状を水平方向に細くできることを例により説明する図である。図13(C)に、動作素子アンテナ集合21₁に属する素子アンテナ1を動作状態にする図を示す。動作素子アンテナ集合21₁のビーム形状84を、実線で表す。ビーム形状84実施の形態1の場合のビーム形状1と鉛直方向の長さが同程度であり、水平方向の長さが短くなる。

[0107] 鉛直方向に長い2個の部分合成放射面を水平方向に離して配置することで、ビーム形状を鉛直方向および水平方向の両方で細くできる。そのため、同時に動作させる素子アンテナ数を制限して、放射電力に関する制約を守った上で、地面方向および側面方向にある電波を散乱させる物体の影響を回避できる。水平方向に離して素子アンテナを動作させる場合には、水平面内にグレーティングローブと呼ばれる不要波が発生する可能性があるが、許容放射電力以下であるため、問題にはならない。

[0108] 被覆範囲 9 1 の水平方向の長さがフェーズドアレイアンテナの放射面の水平方向の長さに対する比率である被覆率が被覆率下限値以上であれば、ビーム形状を水平方向にも細くすることができる。被覆率下限は、ビーム形状の水平方向の長さが適切になるように決める。なお、部分合成放射面の鉛直長が鉛直長下限値以上である必要がある。

[0109] 本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

- [0110] 1₁、1₂、1₃、・・・、1_N、1 素子アンテナ
 2₁、2₂、2₃、・・・、2_N、2 電力増幅器（増幅器）
 3₁、3₂、3₃、・・・、3_N、3 可変移相器
 4₁、4₂、4₃、・・・、4_N、4 切替回路（動作切替部）、
 5 送信機、
 6 受信アンテナ、
 7 受信回路（受信電力値測定部）、
 10₁、10₂、10₃、・・・、10_{Mg}、10 素子アンテナ群
 20₁、20₂、20₃、・・・、20_{Md}、20_Z、20 動作素子アンテナ集合
 21₁、21₂、21₃、・・・、21₇、21 動作素子アンテナ集合
 11 素子電界演算回路（集合内位相差計算部、集合内振幅比計算部）
 12 受信電力値取得部、
 13 放射制御部、
 14 位相制御部、
 15 位相受信電力値組生成部、
 16 位相差計算部、
 17 振幅比計算部、
 18 振幅位相決定部（位相変更量決定部、増幅率決定部）
 30 位相調整制御装置、

- 3 1 CPU、
- 3 2 メモリ部（位相受信電力値組記憶部）、
- 5 0 フェーズドアレイアンテナ
- 7 1 素子アンテナ群定義データ、
- 7 2 動作素子アンテナ集合定義データ、
- 7 3 移相器集合定義データ、
- 7 4 素子電界ベクトル、
- 7 5 位相差、
- 7 6 振幅比、
- 7 7 位相受信電力値組
- 8 1、8 2、8 3、8 4 ビーム形状
- 9 1 被覆範囲

請求の範囲

- [請求項1] 送信機からの送信信号を電波として放射する複数の素子アンテナと、
- 、
- 1 個または複数個の前記素子アンテナごとに設けられた、前記素子アンテナが前記電波を放射する動作状態と前記電波を放射しない非動作状態を切替える複数の動作切替部と、
- 1 個または複数個の前記素子アンテナごとに設けられた、前記素子アンテナに入力される前記送信信号の位相を変更する複数の可変移相器とを有するフェーズドアレイアンテナと、
- 1 個の前記動作切替部で同時に前記動作状態または前記非動作状態を切り替えられる前記素子アンテナを単位に決められた、一部の前記素子アンテナの集合である複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて、前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナを前記動作状態にし、前記動作素子アンテナ集合に属さない前記素子アンテナを前記非動作状態にするように複数の前記動作切替部を制御する放射制御部と、
- 前記フェーズドアレイアンテナが放射する前記電波を受信できる位置に配置された受信アンテナが受信する前記電波の電力の測定値である受信電力値を取得する受信電力値取得部と、
- 複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて前記放射制御部が複数の前記動作切替部を制御している状態で、前記動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の前記素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナに入力される前記送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量での前記受信電力値を使用して、前記位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの前記素子アンテナが放射し前記受信アンテナで受信される前記電波により生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算部と、

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが他の前記動作素子アンテナ集合と共通な前記素子アンテナを有するように決められており、かつ、複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれに対応する複数の前記位相計測素子アンテナ集合のそれぞれが他の前記位相計測素子アンテナ集合と共通な前記素子アンテナを有するように決められており、複数の前記位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の前記集合内位相差に基づき、異なる前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算部とを有する位相調整制御装置とを備えたアレイアンテナ装置。

[請求項2] 複数の前記動作素子アンテナ集合は、共通な前記素子アンテナが存在する前記動作素子アンテナ集合の和集合をすべての前記動作素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての前記素子アンテナの集合になるように決められており、

複数の前記位相計測素子アンテナ集合は、共通な前記素子アンテナが存在する前記位相計測素子アンテナ集合の和集合をすべての前記位相計測素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての前記素子アンテナの集合になるように決められている、

請求項1に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項3] 複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが、その前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナの放射面の和である合成放射面が鉛直方向の長さが鉛直長下限値以上であるように決められている、

請求項1または請求項2に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項4] 複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが、その前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナの放射面の和である合成放射面が、前記放射面が隣接する前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナの前記放射面の和である部分合成放射面を複数有するも

のであり、それぞれの前記部分合成放射面の鉛直方向の長さが鉛直長下限値以上であり、複数の前記部分合成放射面を囲む最小の凸な範囲である被覆範囲の水平方向の長さが前記フェーズドアレイアンテナの放射面の水平方向の長さに対する比率である被覆率が被覆率下限値以上に決められている、

請求項 1 または請求項 2 に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項5]

前記位相計測素子アンテナ集合ごとに、前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの振幅比である集合内振幅比を計算する集合内振幅比計算部と、

複数の前記位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の前記集合内振幅比に基づき、異なる前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの振幅比を計算する振幅比計算部とを位相調整制御装置がさらに有する、

請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項6]

複数の前記素子アンテナが重複しないように複数の素子アンテナ群に分けられており、

前記動作素子アンテナ集合が、前記素子アンテナ群を単位として決められている、

請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項7]

2 個目以降に処理する前記動作素子アンテナ集合が、前記素子電界ベクトルの前記集合内位相差を計算済の少なくとも 1 個の前記素子アンテナと、初めて前記素子電界ベクトルの前記集合内位相差を計算する少なくとも 1 個の前記素子アンテナを含むように決められている、

請求項 1 から請求項 6 の何れか 1 項に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項8]

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれにおいて、その前記動作素子アンテナ集合に対応する位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナに対応して設けられた前記可変移相器の集合であり、属する前記可変移相器が異なるように決められた複数の可変移相器集

合のそれぞれに応じて、対応する前記動作素子アンテナ集合に応じて前記放射制御部が複数の前記動作切替部を制御する状態で、前記可変移相器集合に属する前記可変移相器が同じ位相変更量だけ前記送信信号の位相を変更するように、異なる複数の前記位相変更量で前記可変移相器を制御する位相制御部と、

前記動作素子アンテナ集合ごとに、前記位相制御部が前記可変移相器集合に属する前記可変移相器を制御する状態での前記受信電力値、前記可変移相器集合および前記位相変更量の組である複数の位相受信電力値組を生成する位相受信電力値組生成部とをさらに備え、

前記集合内位相差計算部が、複数の前記位相受信電力値組から前記集合内位相差を計算する、

請求項 1 から請求項 7 の何れか 1 項に記載のアレイアンテナ装置。

[請求項9]

送信機からの送信信号を電波として放射する複数の素子アンテナと、1個または複数個の前記素子アンテナごとに設けられた、前記素子アンテナが前記電波を放射する動作状態と前記電波を放射しない非動作状態を切替える複数の動作切替部と、1個または複数個の前記素子アンテナごとに設けられた、前記素子アンテナに入力される前記送信信号の位相を変更する複数の可変移相器とを有するフェーズドアレイアンテナが放射する前記電波を受信する受信アンテナと、

前記受信アンテナが受信する前記電波の電力の測定値である受信電力値を測定する受信電力値測定部と、

前記動作切替部で同時に前記動作状態または前記非動作状態を切り替えられる前記素子アンテナを単位に決められた、一部の前記素子アンテナの集合である複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて、前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナを前記動作状態にし、前記動作素子アンテナ集合に属さない前記素子アンテナを前記非動作状態にするように複数の前記動作切替部を制御する放射制御部と、

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて前記放射制御部が複数の前記動作切替部を制御している状態で、前記動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の前記素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナに入力される前記送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量での前記受信電力値を使用して、前記位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの前記素子アンテナが放射し前記受信アンテナで受信される前記電波により生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算部と、

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが他の前記動作素子アンテナ集合と共通な前記素子アンテナを有するように決められており、かつ、複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれに対応する複数の前記位相計測素子アンテナ集合のそれぞれが他の前記位相計測素子アンテナ集合と共通な前記素子アンテナを有するように決められており、複数の前記位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の前記集合内位相差に基づき、異なる前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算部とを備えたアンテナ測定装置。

[請求項10] 複数の前記動作素子アンテナ集合は、共通な前記素子アンテナが存在する前記動作素子アンテナ集合の和集合をすべての前記動作素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての前記素子アンテナの集合になるように決められており、

複数の前記位相計測素子アンテナ集合は、共通な前記素子アンテナが存在する前記位相計測素子アンテナ集合の和集合をすべての前記位相計測素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての前記素子アンテナの集合になるように決められている、

請求項9に記載のアンテナ測定装置。

[請求項11] 前記位相計測素子アンテナ集合ごとに、前記位相計測素子アンテナ

集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの振幅比である集合内振幅比を計算する集合内振幅比計算部と、

複数の前記位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の前記集合内振幅比に基づき、異なる前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの振幅比を計算する振幅比計算部とをさらに備えた、

請求項 9 または請求項 10 に記載のアンテナ測定装置。

[請求項12]

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれにおいて、その前記動作素子アンテナ集合に対応する位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナに対応して設けられた前記可変移相器の集合であり、属する前記可変移相器が異なるように決められた複数の可変移相器集合のそれぞれに応じて、対応する前記動作素子アンテナ集合に応じて前記放射制御部が複数の前記動作切替部を制御する状態で、前記可変移相器集合に属する前記可変移相器が同じ位相変更量だけ前記送信信号の位相を変更するように、異なる複数の前記位相変更量で前記可変移相器を制御する位相制御部と、

前記動作素子アンテナ集合ごとに、前記位相制御部が前記可変移相器集合に属する前記可変移相器を制御する状態での前記受信電力値、前記可変移相器集合および前記位相変更量の組である複数の位相受信電力値組を生成する位相受信電力値組生成部とをさらに備え、

前記集合内位相差計算部が、複数の前記位相受信電力値組から前記集合内位相差を計算する、

請求項 9 から請求項 11 の何れか 1 項に記載のアンテナ測定装置。

[請求項13]

送信機からの送信信号を電波として放射する複数の素子アンテナと、1 個または複数個の前記素子アンテナごとに設けられた、前記素子アンテナが前記電波を放射する動作状態と前記電波を放射しない非動作状態を切替える複数の動作切替部と、1 個または複数個の前記素子アンテナごとに設けられた前記素子アンテナに入力される前記送信信

号の位相を変更する複数の可変移相器とを有するフェーズドアレイアンテナが有する前記素子アンテナが放射する前記電波の位相を調整する位相調整方法であって、

前記動作切替部で同時に前記動作状態または前記非動作状態を切り替えられる前記素子アンテナを単位に決められた、一部の前記素子アンテナの集合である複数の動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて、前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナを前記動作状態にし、前記動作素子アンテナ集合に属さない前記素子アンテナを前記非動作状態にするように複数の前記動作切替部を制御する放射制御手順と、

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれに応じて前記放射制御部が複数の前記動作切替部を制御している状態で、前記動作素子アンテナ集合に属する少なくとも一部の前記素子アンテナの集合である位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナに入力される前記送信信号の位相を変更させ、異なる複数の位相変更量での前記フェーズドアレイアンテナが放射する前記電波を受信できる位置に配置された受信アンテナが受信する前記電波の電力の測定値である受信電力値を使用して、前記位相計測素子アンテナ集合に属するそれぞれの前記素子アンテナが放射し前記受信アンテナで受信される前記電波により生成される素子電界ベクトルの間での位相差である集合内位相差を計算する集合内位相差計算手順と、

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが他の前記動作素子アンテナ集合と共通な前記素子アンテナを有するように決められており、かつ、複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれに対応する複数の前記位相計測素子アンテナ集合のそれぞれが他の前記位相計測素子アンテナ集合と共通な前記素子アンテナを有するように決められており、複数の前記位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の前記集合内位相差に基づき、異なる前記位相計測素子アンテナ集合に属する前

記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの位相差を計算する位相差計算手順とを備えたフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

[請求項14]

複数の前記動作素子アンテナ集合は、共通な前記素子アンテナが存在する前記動作素子アンテナ集合の和集合をすべての前記動作素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての前記素子アンテナの集合になるように決められており、

複数の前記位相計測素子アンテナ集合は、共通な前記素子アンテナが存在する前記位相計測素子アンテナ集合の和集合をすべての前記位相計測素子アンテナ集合について求めると、和集合はすべての前記素子アンテナの集合になるように決められている、

請求項13に記載のフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

[請求項15]

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが、その前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナの放射面の和である合成放射面が鉛直方向の長さが鉛直長下限値以上であるように決められている、

請求項13または請求項14に記載のフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

[請求項16]

複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれが、その前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナの放射面の和である合成放射面が、前記放射面が隣接する前記動作素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナの前記放射面の和である部分合成放射面を複数有するものであり、それぞれの前記部分合成放射面の鉛直方向の長さが鉛直長下限値以上であり、複数の前記部分合成放射面を囲む最小の凸な範囲である被覆範囲の水平方向の長さが前記フェーズドアレイアンテナの放射面の水平方向の長さに対する比率である被覆率が被覆率下限値以上に決められている、

請求項13または請求項14に記載のフェーズドアレイアンテナの

位相調整方法。

[請求項17] 前記位相計測素子アンテナ集合ごとに、前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの振幅比である集合内振幅比を計算する集合内振幅比計算手順と、

複数の前記位相計測素子アンテナ集合で計算した複数の前記集合内振幅比に基づき、異なる前記位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナが生成する前記素子電界ベクトルの振幅比を計算する振幅比計算手順とをさらに備えた、

請求項13から請求項16の何れか1項に記載のフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

[請求項18] 複数の前記素子アンテナが重複しないように複数の素子アンテナ群に分けられており、

前記動作素子アンテナ集合が、前記素子アンテナ群を単位として決められている、

請求項13から請求項17の何れか1項に記載のフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

[請求項19] 2個目以降に処理する前記動作素子アンテナ集合が、前記素子電界ベクトルの前記集合内位相差を計算済の少なくとも1個の前記素子アンテナと、初めて前記素子電界ベクトルの前記集合内位相差を計算する少なくとも1個の前記素子アンテナを含むように決められている、

請求項13から請求項18の何れか1項に記載のフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

[請求項20] 複数の前記動作素子アンテナ集合のそれぞれにおいて、その前記動作素子アンテナ集合に対応する位相計測素子アンテナ集合に属する前記素子アンテナに対応して設けられた前記可変移相器の集合であり、属する前記可変移相器が異なるように決められた複数の可変移相器集合のそれぞれに応じて、対応する前記動作素子アンテナ集合に応じて前記放射制御部が複数の前記動作切替部を制御する状態で、前記可変

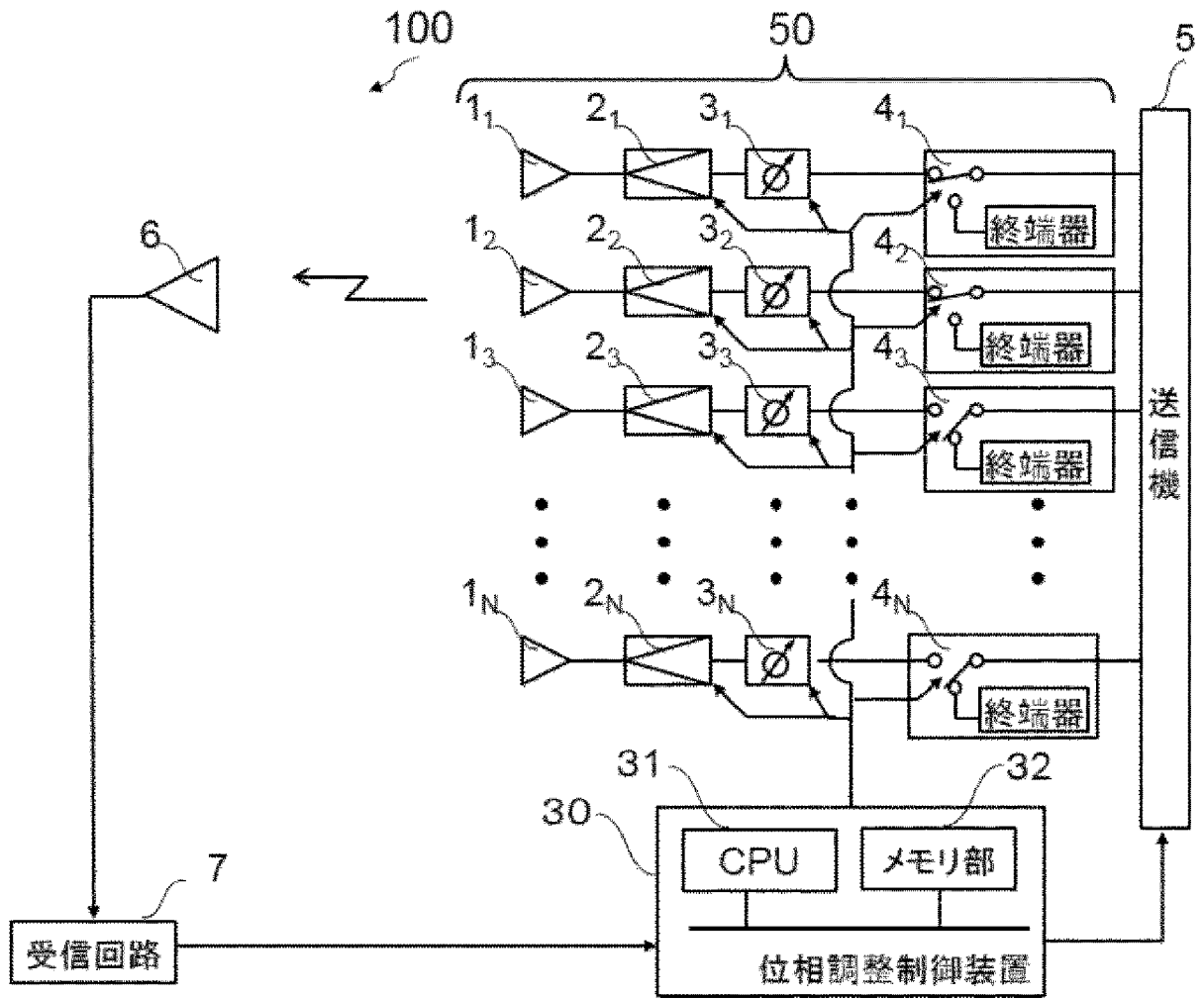
移相器集合に属する前記可変移相器が同じ位相変更量だけ前記送信信号の位相を変更するように、異なる複数の前記位相変更量で前記可変移相器を制御する位相制御手順と、

前記動作素子アンテナ集合ごとに、前記位相制御部が前記可変移相器集合に属する前記可変移相器を制御する状態での前記受信電力値、前記可変移相器集合および前記位相変更量の組である複数の位相受信電力値組を生成する位相受信電力値組生成手順とをさらに備え、

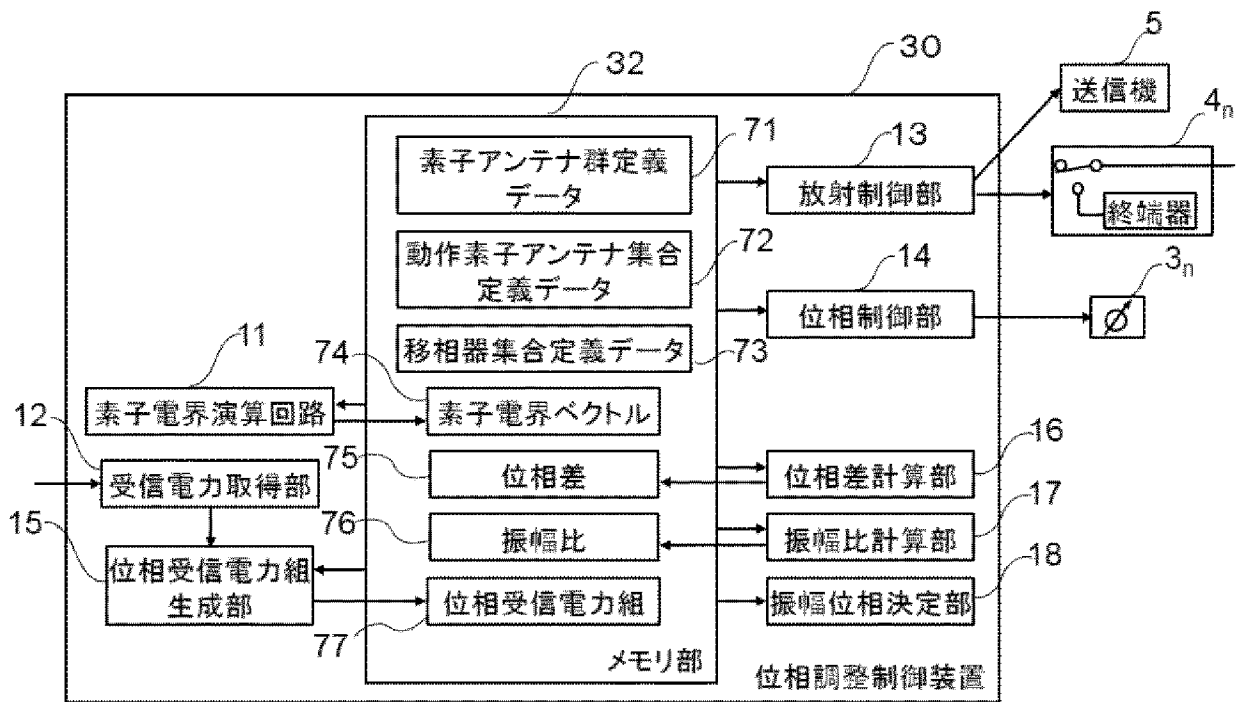
前記集合内位相差計算手順が、複数の前記位相受信電力値組から前記集合内位相差を計算する、

請求項 13 から請求項 19 の何れか 1 項に記載のフェーズドアレイアンテナの位相調整方法。

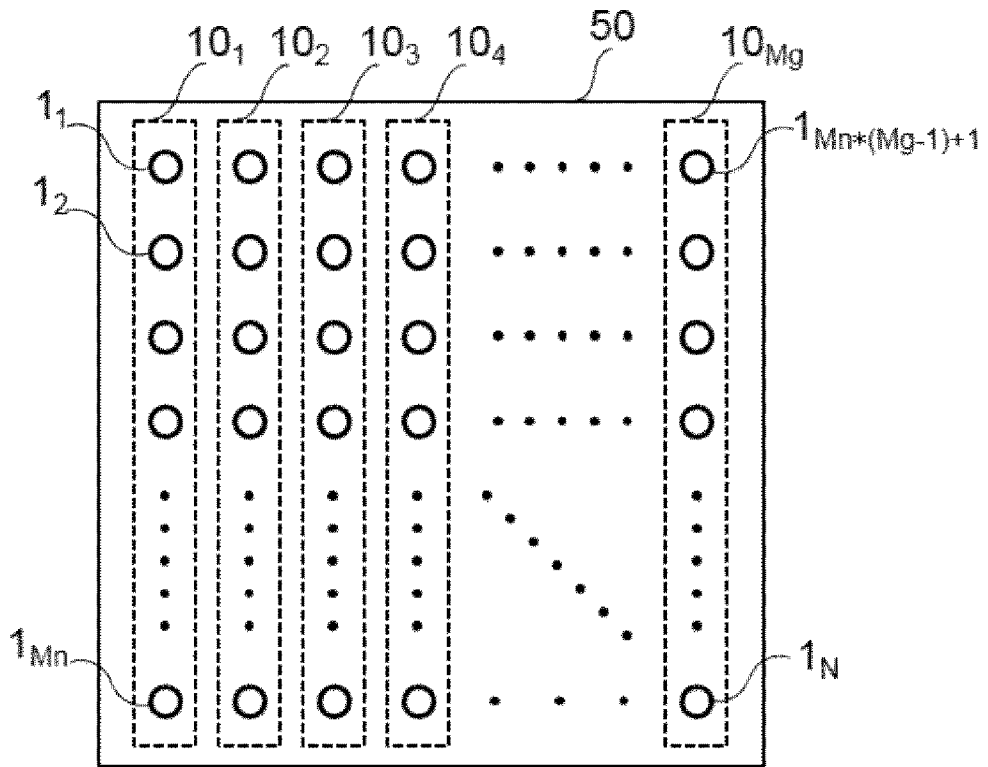
[図1]



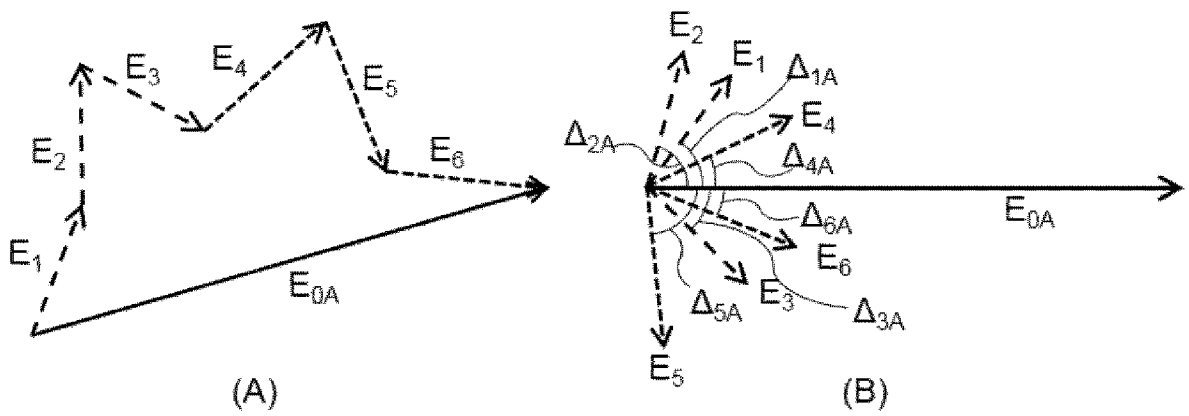
[図2]



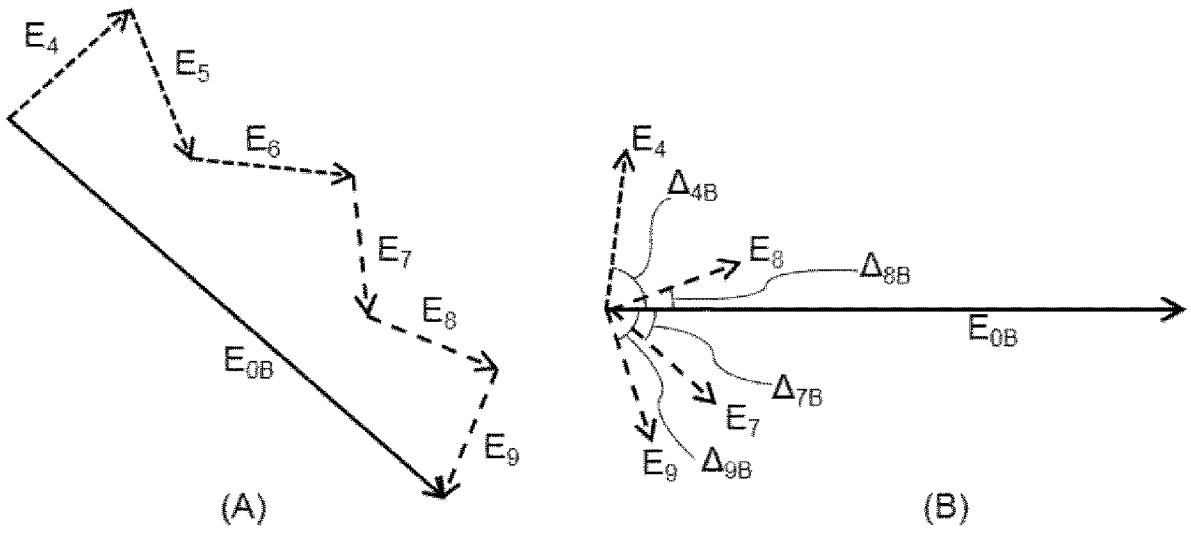
[図3]



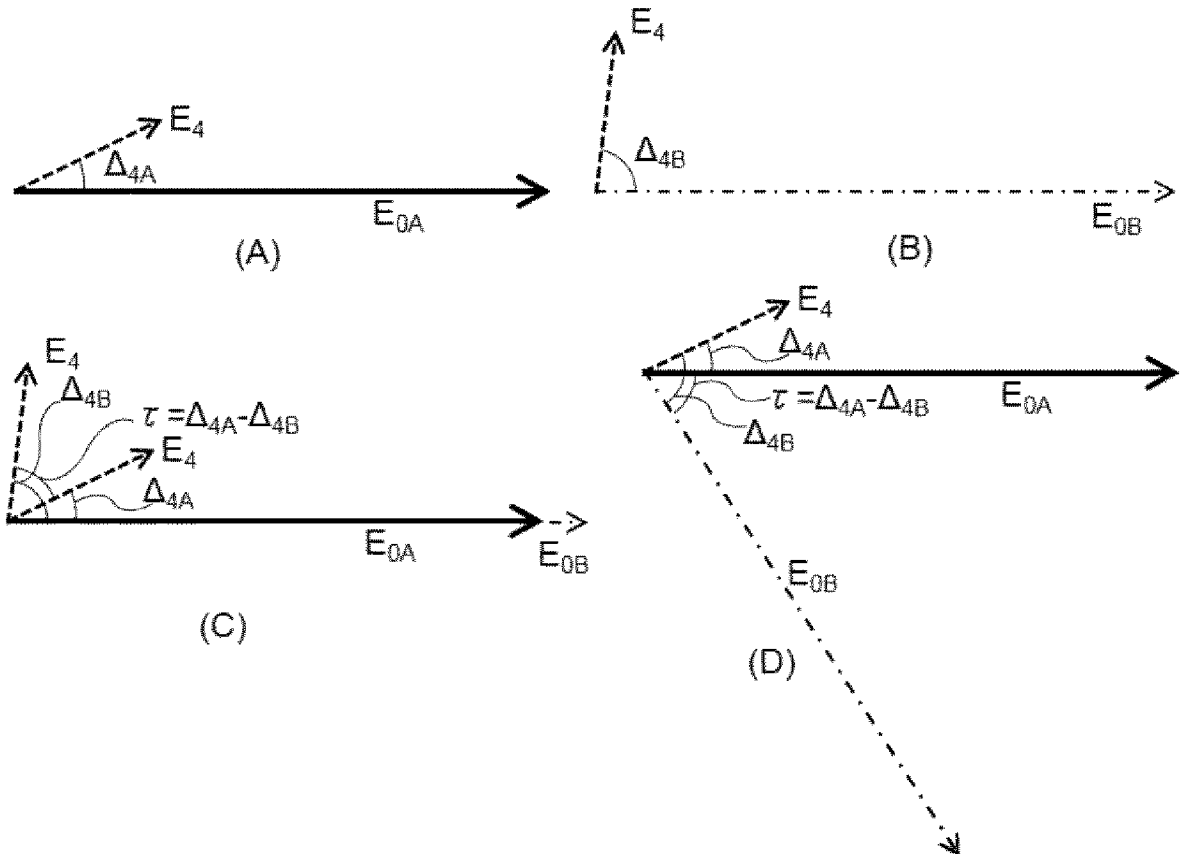
[図4]



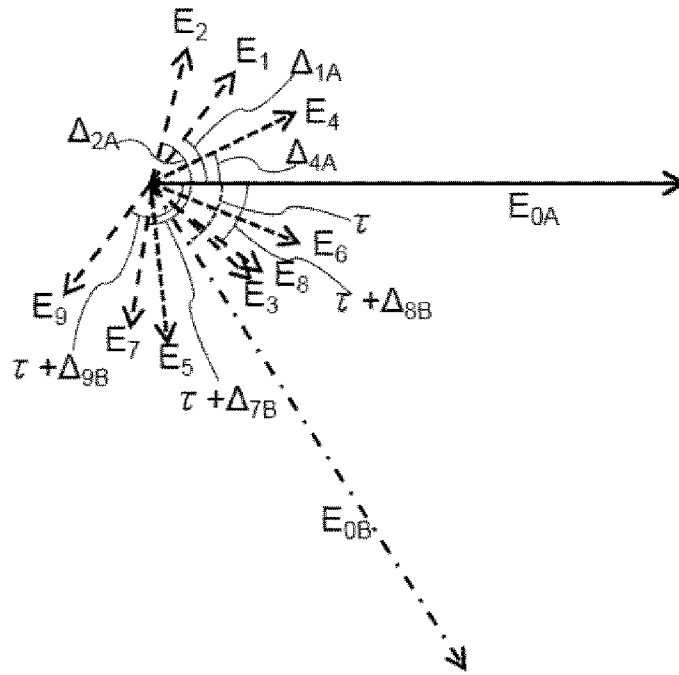
[図5]



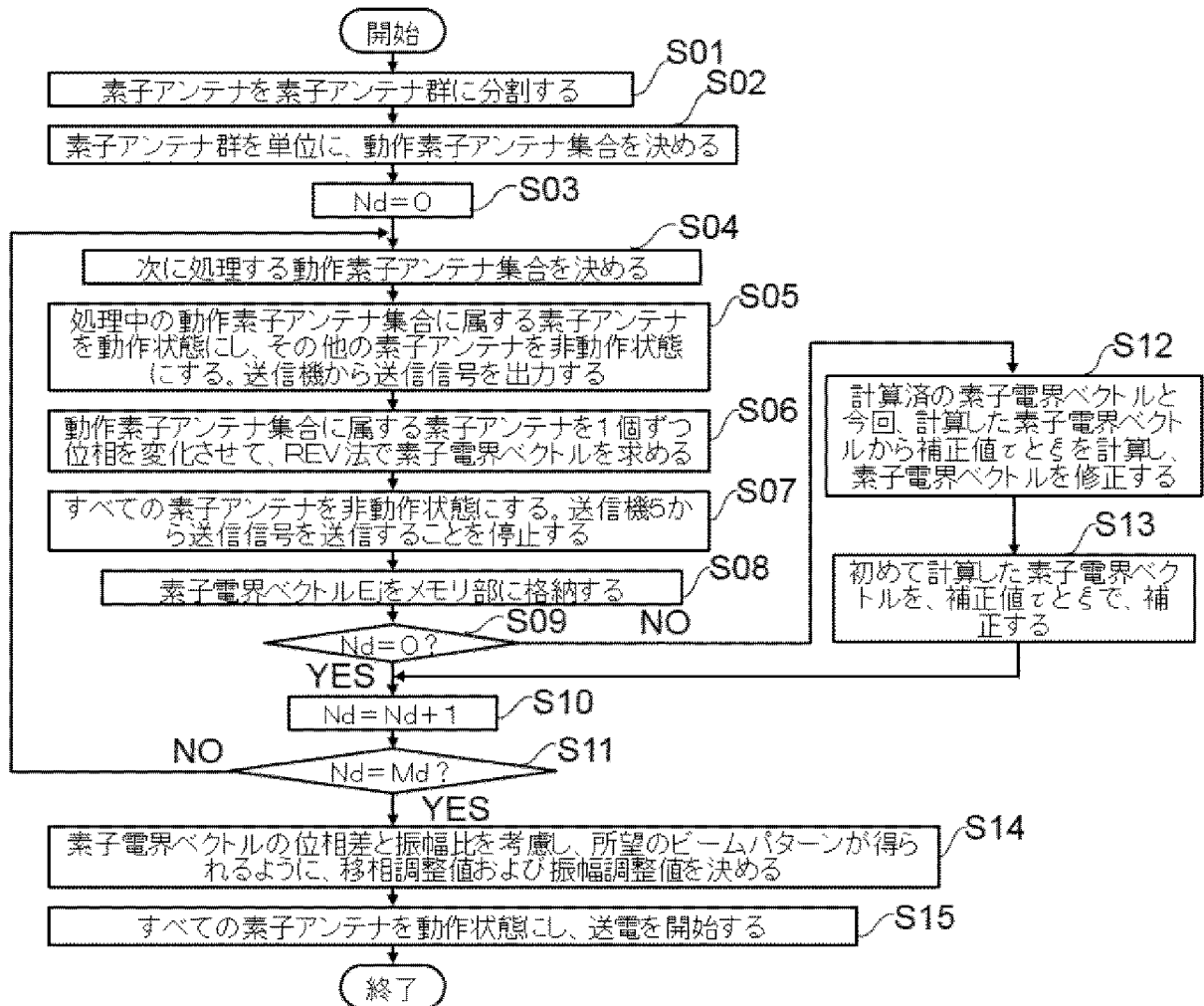
[図6]



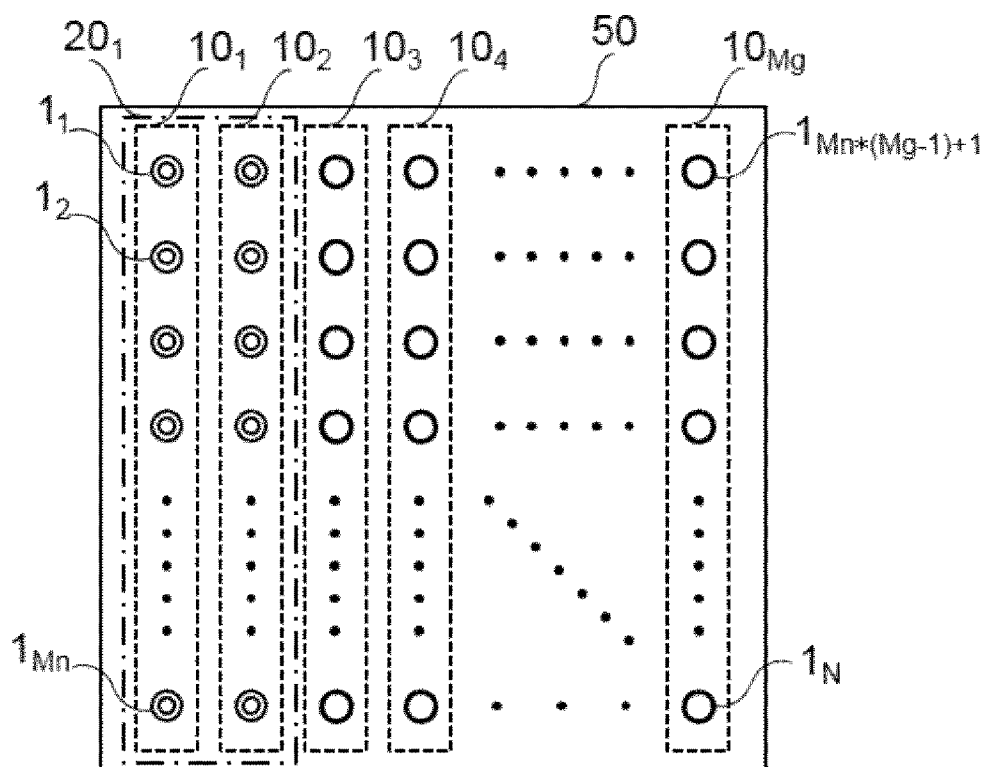
[図7]



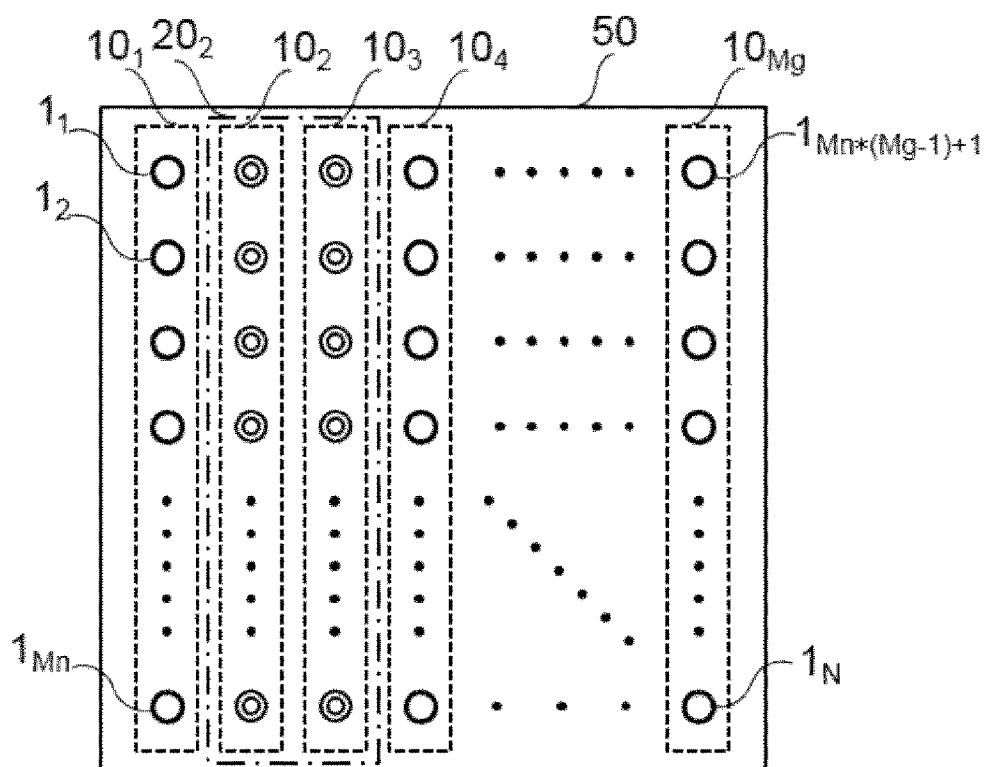
[図8]



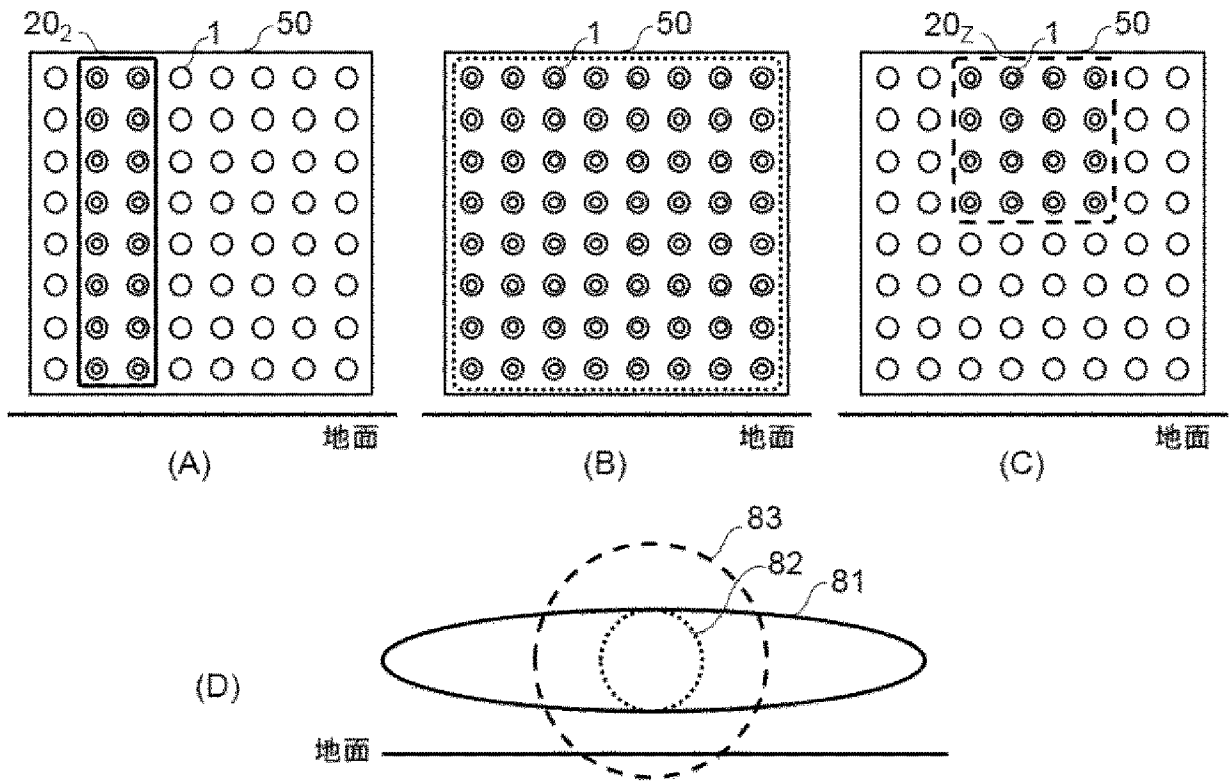
[図9]



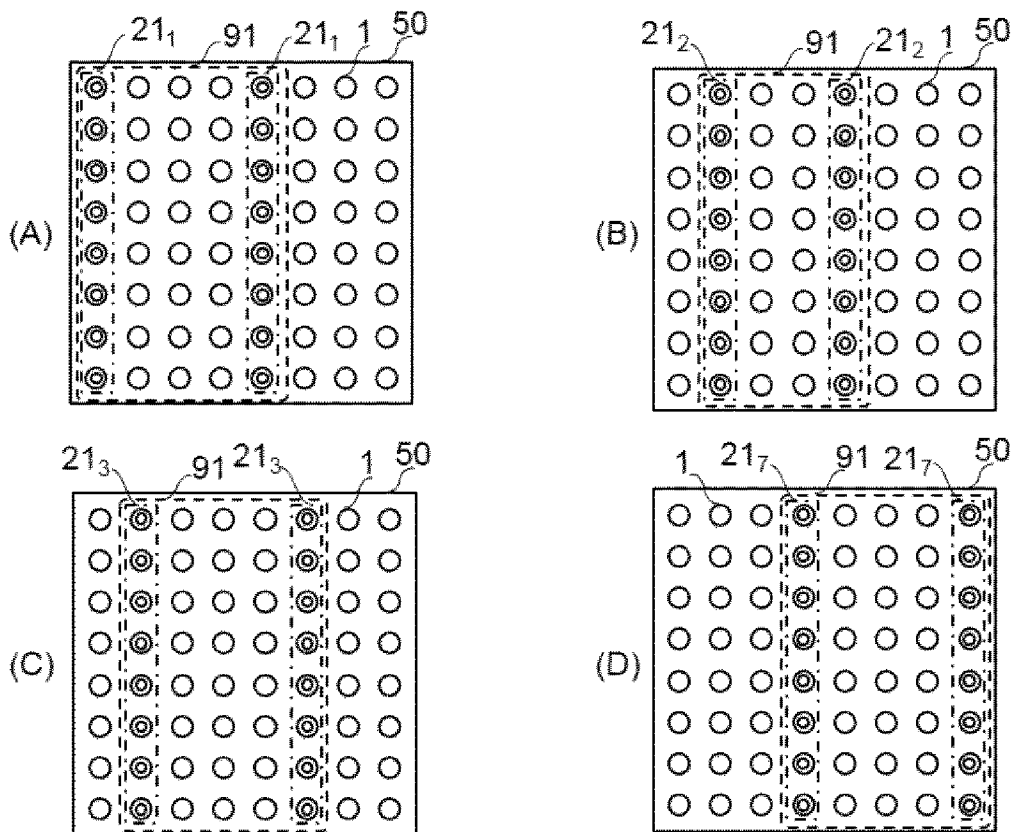
[図10]



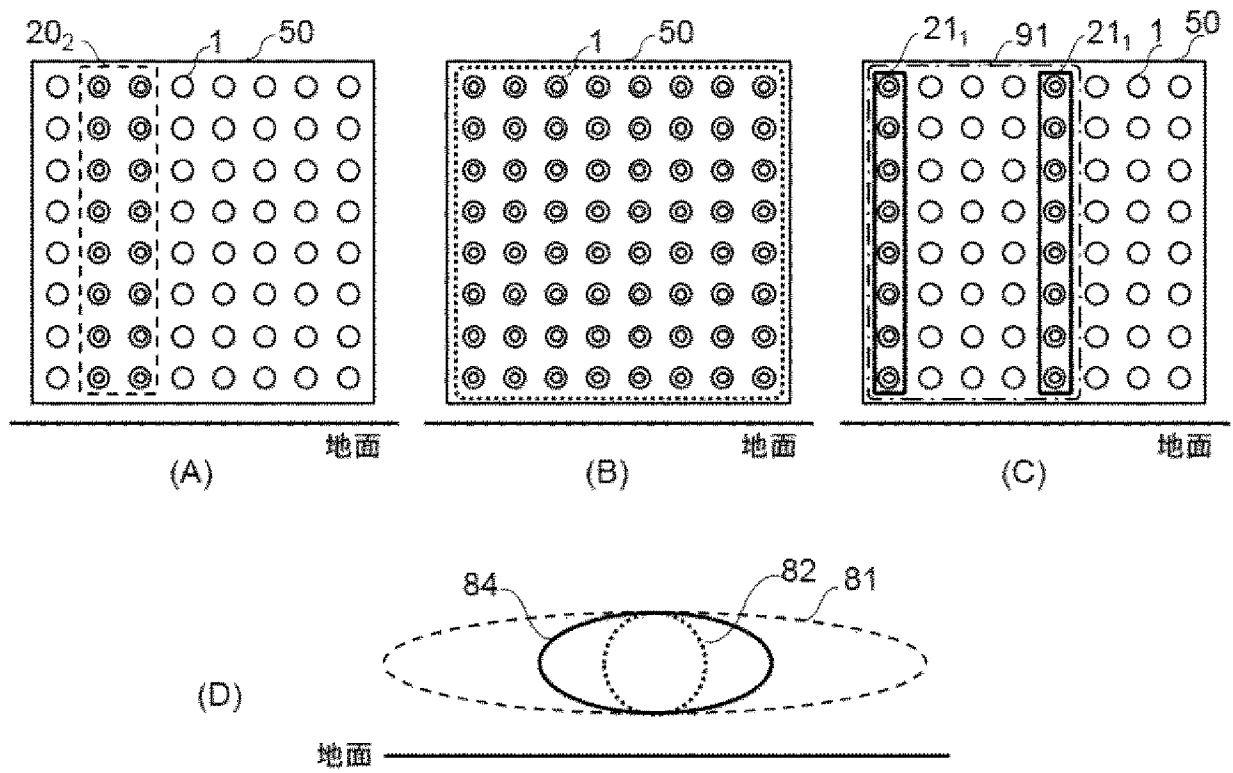
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/013351

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01Q3/26(2006.01) i, G01R29/10(2006.01) i, H01Q21/06(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. H01Q3/26, G01R29/10, H01Q21/06

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
A	JP 2001-201525 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 27 July 2001 (Family: none)	1-20
A	JP 11-68443 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 09 March 1999 (Family: none)	1-20
A	JP 3-165103 A (NEC CORPORATION) 17 July 1991 (Family: none)	1-20
A	JP 2002-243783 A (COMMUNICATION RESEARCH LABORATORY) 28 August 2002 (Family: none)	1-20
A	JP 2013-106118 A (JAPAN BROADCASTING CORPORATION) 30 May 2013 (Family: none)	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07.05.2018	Date of mailing of the international search report 15.05.2018
---	--

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

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, G01R29/10(2006.01)i, H01Q21/06(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, G01R29/10, H01Q21/06

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 1971-2018年
 日本国実用新案登録公報 1996-2018年
 日本国登録実用新案公報 1994-2018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
A	JP 2001-201525 A（三菱電機株式会社）2001.07.27,（ファミリーなし）	1-20
A	JP 11-68443 A（三菱電機株式会社）1999.03.09,（ファミリーなし）	1-20
A	JP 3-165103 A（日本電気株式会社）1991.07.17,（ファミリーなし）	1-20
A	JP 2002-243783 A（独立行政法人通信総合研究所）2002.08.28,（ファミリーなし）	1-20
A	JP 2013-106118 A（日本放送協会）2013.05.30,（ファミリーなし）	1-20

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 07.05.2018	国際調査報告の発送日 15.05.2018
--------------------------	--------------------------

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） 岩井 一央 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	5K	5290
--	---	----	------