

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7439577号
(P7439577)

(45)発行日 令和6年2月28日(2024.2.28)

(24)登録日 令和6年2月19日(2024.2.19)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 7/40 (2006.01) G 0 1 S 7/40 1 2 6

H 0 1 Q 3/26 (2006.01) H 0 1 Q 3/26 A

H 0 1 Q 21/06 (2006.01) H 0 1 Q 21/06

請求項の数 10 (全23頁)

(21)出願番号	特願2020-40131(P2020-40131)	(73)特許権者	000002945
(22)出願日	令和2年3月9日(2020.3.9)		オムロン株式会社
(65)公開番号	特開2021-139852(P2021-139852 A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町8 0 1 番地
(43)公開日	令和3年9月16日(2021.9.16)	(74)代理人	100101454
審査請求日	令和5年1月11日(2023.1.11)		弁理士 山田 卓二
		(74)代理人	100091524
			弁理士 和田 充夫
		(74)代理人	100172236
			弁理士 岩木 宣憲
		(72)発明者	杉本 義喜
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町8 0 1 番地 オムロン株式会社内
		審査官	▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーダ装置の校正装置、校正システム、校正方法、及びレーダ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置の校正装置であって、前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の方位角、複数の仰角、及び複数の距離を設定するように駆動装置を制御するコントローラと、

前記アンテナ装置の指向特性を設計値に近づけるように、前記アンテナ装置の指向性を変化させかつ校正する信号処理回路の校正係数を計算する校正係数計算器と、

前記校正係数計算器によって計算された校正係数を格納する記憶装置とを備え、

前記校正係数計算器は、前記コントローラが異なる方位角、異なる仰角、及び異なる距離を設定するごとに、前記アンテナ装置から放射され、前記反射器によって反射され、前記アンテナ装置によって受信された無線信号に基づいて前記校正係数を計算する、レーダ装置の校正装置。

【請求項2】

レーダ装置の校正システムであって、

請求項1記載の校正装置と、

反射器と、

前記レーダ装置のアンテナ装置と、前記反射器とのうちの少なくとも一方を移動させる駆動装置とを備えた、レーダ装置の校正システム。

【請求項 3】

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の方位角を変化させるように前記アンテナ装置を回転可能に支持するターンテーブルを備えた、
請求項 2 記載の較正システム。

【請求項 4】

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の方位角を変化させるように前記反射器を回転移動可能に支持するアームを備えた、
請求項 2 記載の較正システム。

【請求項 5】

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の仰角を変化させるように前記反射器を並進可能に支持する機構を備えた、
請求項 2～4 のうちの 1 つに記載の較正システム。

10

【請求項 6】

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の仰角を変化させるように前記反射器を回転移動可能に支持するアームを備えた、
請求項 2～4 のうちの 1 つに記載の較正システム。

【請求項 7】

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の仰角を変化させるように前記アンテナ装置を傾斜可能に支持する機構を備えた、
請求項 2～4 のうちの 1 つに記載の較正システム。

20

【請求項 8】

前記駆動装置は、前記アンテナ装置から前記反射器までの距離を変化させるように前記反射器を並進可能に支持する機構を備えた、
請求項 2～7 のうちの 1 つに記載の較正システム。

【請求項 9】

主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置であって、
前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の方位角、複数の仰角、及び複数の距離を設定するように駆動装置を制御するコントローラと、

前記アンテナ装置の指向特性を設計値に近づけるように、前記アンテナ装置の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算する較正係数計算器とを備え、

30

前記較正係数計算器は、前記コントローラが異なる方位角、異なる仰角、及び異なる距離を設定するごとに、前記アンテナ装置から放射され、前記反射器によって反射され、前記アンテナ装置によって受信された無線信号に基づいて前記較正係数を計算する、
レーダ装置。

【請求項 10】

主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置の較正方法であって、
駆動装置を用いて、前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の方位角、複数の仰角、及び複数の距離を設定するステップと、

40

前記アンテナ装置の指向特性を設計値に近づけるように、前記アンテナ装置の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算するステップと、

前記計算された較正係数を記憶装置に格納するステップとを含み、

前記較正係数を計算するステップは、異なる方位角、異なる仰角、及び異なる距離を設定するごとに、前記アンテナ装置から放射され、前記反射器によって反射され、前記アンテナ装置によって受信された無線信号に基づいて前記較正係数を計算することを含む、
レーダ装置の較正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本開示は、レーダ装置を較正する較正装置、較正システム、較正方法、及びレーダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レーダ装置は、その主ビーム方向を変化させるために、例えば、複数のアンテナ素子を含むアレイアンテナ装置を備える。アンテナ装置の指向特性には、アンテナ素子の製造誤差、アンテナ素子間の電磁的な相互結合、アンテナ素子の間隔のバラツキ、回路素子の性能バラツキ、などに起因して、設計値との誤差が生じることがある。従って、このような誤差を低減または解消するために、アンテナ装置を較正する必要がある。

【0003】

例えば、特許文献1は、レーダ装置から所定角度で特定の距離に置いた仮想物標からの反射波に基づいて実測値のモードベクトルを算出し、実測値のモードベクトルを使って受信信号の到来角を算出するレーダ装置を開示している。これにより、特許文献1のレーダ装置は、複数の受信アンテナの電力、位相特性の誤差の影響を軽減し、正確な反射波の到来方向を推定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第5701106号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

レーダ装置を用いて、反射物の三次元的な位置を決定すること、すなわち、レーダ装置に対する反射物の方位角、仰角、及び距離を決定することが求められる場合がある。この場合、レーダ装置は、主ビームを二次元的に、すなわち方位角及び仰角について走査可能なアンテナ装置を備える。従って、アンテナ装置を少なくとも二次元的に較正する必要がある。

【0006】

特許文献1は、レーダ装置の前方に仮想物標を所定角度の位置に所定距離だけ離して配置し、レーダ装置に対する仮想物標の方位角のみを一次元的に変更し、複数の角度におけるモードベクトルを実測することを開示している。従って、特許文献1の技術を、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置に適用することはできない。仮に、特許文献1の技術を、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置に適用しても、反射物を検出する精度及び分解能の観点で十分な性能を発揮することはできない。

【0007】

本開示の目的は、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置の較正装置、較正システム、及び較正方法を提供することにある。また、本開示の目的は、そのようなアンテナ装置を備え、当該アンテナ装置を較正することができるレーダ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の側面に係る較正装置によれば、

主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置の較正装置であって、前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の方位角及び複数の仰角を設定するように駆動装置を制御するコントローラと、

前記アンテナ装置の指向特性を設計値に近づけるように、前記アンテナ装置の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算する較正係数計算器と、

前記較正係数計算器によって計算された較正係数を格納する記憶装置とを備え、

10

20

30

40

50

前記較正係数計算器は、前記コントローラが異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、前記アンテナ装置から放射され、前記反射器によって反射され、前記アンテナ装置によって受信された無線信号に基づいて前記較正係数を計算する。

【0009】

これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を較正し、レーダ装置に対する反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【0010】

本開示の側面に係る較正装置によれば、

前記コントローラは、前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の距離を設定するように駆動装置を制御し、

前記較正係数計算器は、前記コントローラが異なる方位角、異なる仰角、及び異なる距離を設定するごとに、前記無線信号に基づいて前記較正係数を計算する。

【0011】

これにより、アンテナ装置をより正確に較正し、レーダ装置に対する反射物の三次元的な位置をより正確に決定することができる。

【0012】

本開示の側面に係る較正システムによれば、

レーダ装置の較正システムであって、

前記較正装置と、

反射器と、

前記レーダ装置のアンテナ装置と、前記反射器とのうちの少なくとも一方を移動させる駆動装置とを備える。

【0013】

これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を較正し、レーダ装置に対する反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【0014】

本開示の側面に係る較正システムによれば、

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の方位角を変化させるように前記アンテナ装置を回転可能に支持するターンテーブルを備える。

【0015】

本開示の側面に係る較正システムによれば、

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の方位角を変化させるように前記反射器を回転移動可能に支持するアームを備える。

【0016】

これにより、アンテナ装置に対する反射器の方位角を変化させることができる。

【0017】

本開示の側面に係る較正システムによれば、

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の仰角を変化させるように前記反射器を並進可能に支持する機構を備える。

【0018】

本開示の側面に係る較正システムによれば、

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の仰角を変化させるように前記反射器を回転移動可能に支持するアームを備える。

【0019】

本開示の側面に係る較正システムによれば、

前記駆動装置は、前記アンテナ装置に対する前記反射器の仰角を変化させるように前記アンテナ装置を傾斜可能に支持する機構を備える。

【0020】

これにより、アンテナ装置に対する反射器の仰角を変化させることができる。

【0021】

10

20

30

40

50

本開示の側面に係る較正システムによれば、

前記駆動装置は、前記アンテナ装置から前記反射器までの距離を変化させるように前記反射器を並進可能に支持する機構を備える。

【0022】

これにより、アンテナ装置から反射器までの距離を変化させることができる。

【0023】

本開示の側面に係るレーダ装置によれば、

主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置であって、

前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の方位角及び複数の仰角を設定するように駆動装置を制御するコントローラと、

前記アンテナ装置の指向特性を設計値に近づけるように、前記アンテナ装置の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算する較正係数計算器とを備え、

前記較正係数計算器は、前記コントローラが異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、前記アンテナ装置から放射され、前記反射器によって反射され、前記アンテナ装置によって受信された無線信号に基づいて前記較正係数を計算する。

【0024】

これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を較正し、レーダ装置に対する反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【0025】

本開示の側面に係る較正方法によれば、

主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置の較正方法であって、駆動装置を用いて、前記アンテナ装置及び反射器のうちの少なくとも一方を移動させて前記アンテナ装置に対する前記反射器の複数の方位角及び複数の仰角を設定するステップと、

前記アンテナ装置の指向特性を設計値に近づけるように、前記アンテナ装置の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算するステップと、

前記計算された較正係数を記憶装置に格納するステップとを含み、

前記較正係数を計算するステップは、異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、前記アンテナ装置から放射され、前記反射器によって反射され、前記アンテナ装置によって受信された無線信号に基づいて前記較正係数を計算することを含む。

【0026】

これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を較正し、レーダ装置に対する反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【発明の効果】

【0027】

本開示の側面に係る較正装置、較正システム、較正方法、及びレーダ装置によれば、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を較正し、レーダ装置に対する反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1の実施形態に係る較正システムの構成を示す斜視図である。

【図2】図1の較正装置1及びレーダ装置11の構成を示すブロック図である。

【図3】図1のレーダ装置11の詳細構成を示すブロック図である。

【図4】図3のアンテナ素子41，42-1-1～42-M-Nの配置を示す斜視図である。

【図5】図1の反射器12の構成を示す斜視図である。

【図6】図1の較正装置1によって実行される較正処理を示すフローチャートである。

【図7】図3のアンテナ素子42-1-1によって受信された時間領域の受信信号を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 8】図 7 の受信信号に対して F F T を適用した周波数領域の受信信号を示すグラフである。

【図 9】図 1 のレーダ装置 1 1 に対する反射器 1 2 の方位角 ϕ 及び仰角 θ 関する角度スペクトルを示すグラフである。

【図 1 0】第 1 の実施形態の第 1 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。

【図 1 1】第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。

【図 1 2】第 1 の実施形態の第 3 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。

【図 1 3】第 1 の実施形態の第 4 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。

【図 1 4】第 2 の実施形態に係る較正システムの構成を示す斜視図である。

【図 1 5】図 1 4 の較正装置 1 E によって実行される較正処理を示すフローチャートである。

10

【図 1 6】第 3 の実施形態に係るレーダ装置 1 1 F の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 2 9】

〔適用例〕

図 1 は、第 1 の実施形態に係る較正システムの構成を示す斜視図である。図 2 は、図 1 の較正装置 1 及びレーダ装置 1 1 の構成を示すブロック図である。図 1 の較正システムは、レーダ装置 1 1 のアンテナ装置 3 1 であって、主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置 3 1 を較正する。図 2 の例では、レーダ装置 1 1 は、アンテナ装置 3 1 の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路 3 3 をさらに備える。従って、図 1 の較正システムは、アンテナ装置 3 1 を較正するために、信号処理回路 3 3 の較正係数を計算する。

20

【0 0 3 0】

図 1 の較正システムは、較正装置 1、駆動装置 2、3、及び反射器 1 2 を備える。

【0 0 3 1】

反射器 1 2 は、レーダ装置 1 1 から放射された無線信号（レーダ波）を反射してレーダ装置 1 1 に向けて再放射する。

【0 0 3 2】

駆動装置 2、3 は、アンテナ装置 3 1 及び反射器 1 2 のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定する。図 1 の例では、駆動装置 2 は、アンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の方位角 ϕ を変化させるようにアンテナ装置 3 1 を回転可能に支持するターンテーブルを備える。また、駆動装置 3 は、アンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の仰角 θ を変化させるように反射器 1 2 を並進可能に支持する機構を備える。

30

【0 0 3 3】

較正装置 1 は、駆動装置 2、3 を制御し、また、アンテナ装置 3 1 を較正するためにレーダ装置 1 1 の信号処理回路 3 3 の較正係数を計算する。

【0 0 3 4】

図 2 を参照すると、較正装置 1 は、コントローラ 2 1、較正係数計算器 2 2、及び記憶装置 2 3 を備える。

【0 0 3 5】

コントローラ 2 1 は、アンテナ装置 3 1 及び反射器 1 2 のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定するように駆動装置 2、3 を制御する。図 1 の例では、コントローラ 2 1 は、アンテナ装置 3 1 を回転させてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の方位角 ϕ を設定するように駆動装置 2 を制御する。また、コントローラ 2 1 は、反射器 1 2 の高さ方向（図 1 の Z 方向）に並進移動させてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の仰角 θ を設定するように駆動装置 3 を制御する。

40

【0 0 3 6】

較正係数計算器 2 2 は、アンテナ装置 3 1 の指向特性を設計値に近づけるように、アンテナ装置 3 1 の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路 3 3 の較正係数を計算する。

50

詳しくは、較正係数計算器 22 は、コントローラ 21 が異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに、アンテナ装置 31 から放射され、反射器 12 によって反射され、アンテナ装置 31 によって受信された無線信号に基づいて較正係数を計算する。

【0037】

記憶装置 23 は、較正係数計算器 22 によって計算された較正係数を格納する。記憶装置 23 に格納された較正係数は、着脱可能な記憶媒体又は通信回線を介して、レーダ装置 11（又は、較正対象のレーダ装置 11 と同じ機種である他のレーダ装置）に送られ、そのアンテナ装置 31 を較正するために使用される。

【0038】

このように、本開示の実施形態に係る較正システムによれば、駆動装置 2, 3 を用いてアンテナ装置 31 に対する反射器 12 の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算する。これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置 31 を較正し、レーダ装置 11 に対する任意の反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【0039】

本開示の実施形態に係る較正システムによれば、特許文献 1 のように、レーダ装置に対する仮想物標の方位角のみを一次元的に変更する場合よりも、較正係数を正確に計算することができる。また、本開示の実施形態に係る較正システムによれば、レーダ装置に対する仮想物標の角度を互いに直交する 2 つの円周上で変化させて較正係数を計算し、その積によって球面の較正係数を近似する場合よりも、較正係数を正確に計算することができる。このように、本開示の実施形態に係る較正システムによれば、レーダ装置 11 に対する任意の反射物の三次元的な位置を、従来よりも高い精度及び分解能で、正確に決定することができる。

【0040】

〔第 1 の実施形態〕

〔第 1 の実施形態の構成〕

図 1 を参照すると、駆動装置 2 は、基部 2a、ターンテーブル 2b、及びアーム 2c を備える。基部 2a は、駆動装置 2 の全体を支持する。ターンテーブル 2b は、基部 2a の上に設けられ、基部 2a に対して回転する。ターンテーブル 2b の上にレーダ装置 11 が配置される。これにより、ターンテーブル 2b は、アンテナ装置 31 に対する反射器 12 の方位角 ϕ を変化させるようにアンテナ装置 31 を回転可能に支持する。アーム 2c は、駆動装置 3 を基部 2a に対して連結する。アーム 2c は、例えば、レーダ装置 11 から反射器 12 までの距離が数十 cm ～ 十数 m 程度になるような長さを有する。

【0041】

図 1 では、較正装置 1 が、駆動装置 3 のための制御信号を、駆動装置 2 を介して駆動装置 3 に送信する場合を示すが、較正装置 1 は、駆動装置 3 のための制御信号を駆動装置 3 に直接に送信してもよい。また、較正装置 1 は、駆動装置 2, 3 のための制御信号を有線で送信してもよく、無線により送信してもよい。

【0042】

較正システムの周辺には、反射器 12 以外の反射物又は他の強力な電磁波源が存在しないことが望ましい。従って、駆動装置 2, 3、レーダ装置 11、及び反射器 12 は、例えば電波暗室の内部に配置されてもよい。

【0043】

図 2 を参照すると、レーダ装置 11 は、例えば、アンテナ装置 31、無線周波回路 32、信号処理回路 33、コントローラ 34、及び記憶装置 35 を備える。

【0044】

図 3 は、図 1 のレーダ装置 11 の詳細構成を示すブロック図である。

【0045】

アンテナ装置 31 は、アンテナ素子 41, 42-1-1 ～ 42-M-N を備える。アンテナ素子 41 は、無線周波回路 32 から供給された無線周波信号をレーダ波として放射す

10

20

30

40

50

る送信アンテナとして動作する。アンテナ素子 4 1 は、無指向性のアンテナとして動作してもよい。アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N は、アンテナ素子 4 1 から放射されて何らかの反射物によって反射されたレーダ波を受信する受信アンテナとして動作する。アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N は、それらの受信信号を後段の信号処理回路 3 3 によって処理することにより、可変な指向性を有する。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、図 3 のアンテナ素子 4 1 , 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N の配置を示す斜視図である。受信アンテナとして動作するアンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N は、例えば、X 方向の間隔 d_x 及び Z 方向の間隔 d_z を有して等間隔で二次元的に配置され、アレイアンテナ装置を構成する。送信アンテナとして動作するアンテナ素子 4 1 は、アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N に近接して設けられる。送信アンテナは、受信アンテナとして動作するアンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N のうちの少なくとも 1 つを共用してもよい。

【 0 0 4 7 】

図 4 は、アンテナ装置 3 1 の座標系 X Y Z を示し、また、アンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 (図示せず) の方位角 ϕ 及び仰角 θ を示す。一方、図 1 は、較正システムの座標系 X' Y' Z' を示すが、駆動装置 2, 3 によって設定される方位角 ϕ 及び仰角 θ は、図 4 の方位角 ϕ 及び仰角 θ と等価である。

【 0 0 4 8 】

アレイアンテナ装置の開口面積に対し、レーダ装置 1 1 から反射器 1 2 までの距離は十分に大きく設定される。例えば、79 GHz 帯のレーダ波を用いる場合、レーダ装置 1 1 から反射器 1 2 までの距離は、数十 cm ~ 数 m に設定されてもよい。これにより、反射器 1 2 からレーダ装置 1 1 に入射するレーダ波は、平面波とみなすことができる。反射器 1 2 がアレイアンテナ装置のブロードサイド方向、すなわち $\phi = 0$, $\theta = 0$ の位置に配置されているとき、反射器 1 2 から各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N までの距離は互いに等しく、また、各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N には同相のレーダ波がそれぞれ入射する。反射器 1 2 が $\phi \neq 0$ 又は $\theta \neq 0$ の位置に配置されているとき、反射器 1 2 から各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N までの距離は互いに異なり、また、各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N には、各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N の間隔と、方位角 ϕ 及び仰角 θ とに応じて異なる位相を有するレーダ波がそれぞれ入射する。

【 0 0 4 9 】

再び図 3 を参照すると、無線周波回路 3 2 は、アンテナ装置 3 1 によって受信された無線信号をベースバンド信号又は中間周波信号に変換する。無線周波回路 3 2 は、発振器 5 1、ミキサ 5 2 - 1 - 1 ~ 5 2 - M - N、増幅器 5 3 - 1 - 1 ~ 5 3 - M - N、フィルタ 5 4 - 1 - 1 ~ 5 4 - M - N、及びアナログ／デジタル変換器 (ADC) 5 5 - 1 - 1 ~ 5 5 - M - N を備える。

【 0 0 5 0 】

発振器 5 1 は、レーダ装置 1 1 のコントローラ 3 4 (又は較正装置 1 のコントローラ 2 1) の制御下で、所定の周波数を有する無線周波信号を発生し、発生した無線周波信号をアンテナ素子 4 1 に送る。発振器 5 1 は、例えば、時間的に次第に増大又は減少する周波数を有するチャープ信号を発生する。発振器 5 1 は、発生した無線周波信号をミキサ 5 2 - 1 - 1 ~ 5 2 - M - N にも送る。

【 0 0 5 1 】

アンテナ素子 4 2 - 1 で受信された無線周波信号は、ミキサ 5 2 - 1 - 1 に入力される。ミキサ 5 2 - 1 - 1 には、発振器 5 1 によって発生された無線周波信号がさらに入力される。これにより、ミキサ 5 2 - 1 - 1 はベースバンド信号を発生する。増幅器 5 3 - 1 - 1 はベースバンド信号を増幅する。フィルタ 5 4 - 1 - 1 は、ベースバンド信号の不要な周波数帯域を阻止する。アナログ／デジタル変換器 5 5 - 1 - 1 は、アナログのベースバンド信号をデジタル信号に変換する。これにより、アナログ／デジタル変換器 5

5-1の出力信号は、アンテナ素子42-1の受信信号として、信号処理回路33に送られる。

【0052】

アンテナ素子42-1で受信された無線周波信号と同様に、アンテナ素子42-1-2～42-M-Nで受信された無線周波信号は、ミキサ52-1-2～52-M-N、増幅器53-1-2～53-M-N、フィルタ54-1-2～54-M-N、及びアナログ／デジタル変換器55-1-2～55-M-Nによって処理される。これにより、アナログ／デジタル変換器55-2～55-Kの出力信号は、アンテナ素子42-2～42-M-Nの受信信号として、信号処理回路33にそれぞれ送られる。

【0053】

図3の例では、無線周波回路32が無線周波信号をベースバンド信号に変換する場合を示すが、無線周波回路32は、無線周波信号を中間周波信号に変換するように構成されてもよい。

【0054】

信号処理回路33の較正係数を計算するとき、アナログ／デジタル変換器55-1-1～55-M-Nの出力信号は、アンテナ素子42-1-1～42-M-Nの受信信号として、較正装置1の較正係数計算器22に送られる。

【0055】

信号処理回路33は、無線周波回路32から送られたアンテナ素子42-1-1～42-M-Nの受信信号に基づいて、反射物の距離及び方向を推定し、表示装置などの外部装置（図示せず）に出力する。このとき、信号処理回路33は、アンテナ素子42-1-1～42-M-Nが可変な指向性を有するように、無線周波回路32から送られたアンテナ素子42-1-1～42-M-Nの受信信号を処理する。

【0056】

コントローラ34は、レーダ装置11の全体の動作を制御する。

【0057】

記憶装置35には、較正装置1によって計算された較正係数が格納される。コントローラ34は、較正係数を記憶装置35から読み出して信号処理回路33に設定する。信号処理回路33は、コントローラ34により設定された較正係数を用いて、反射物の距離及び方向を推定する。

【0058】

図5は、図1の反射器12の構成を示す斜視図である。反射器12は、例えば、互いに直交する3つの反射板を含むように構成されてもよい。反射板は、電磁波をよく反射するように、金属からなる。これにより、レーダ装置11から反射器12にレーダ波が入射したとき、レーダ波を正確にレーダ装置11に向けて反射することができる。反射器12は、四角形の反射板に代えて三角形の反射板を含んでもよく、3つの反射板に代えて互いに直交する2つの反射板を含んでもよく、反射板に代えて球体又は他の任意の反射器を用いてもよい。

【0059】

[第1の実施形態の動作]

図6は、図1の較正装置1によって実行される較正処理を示すフローチャートである。

【0060】

ステップS1において、コントローラ21は、駆動装置3を用いて、反射器12の仰角 θ を初期値に設定する。ステップS2において、コントローラ21は、駆動装置2を用いて、反射器12の方位角 ϕ を初期値に設定する。

【0061】

ステップS3において、コントローラ21は、信号処理回路33の較正係数を計算するためのテスト信号として、レーダ装置11の発振器51を用いて、レーダ装置11から反射器12にレーダ波を送信する。反射器12によって反射されたレーダ波は、レーダ装置11により受信される。また、ステップS3において、較正係数計算器22は、レーダ装

10

20

30

40

50

置 1 1 の無線周波回路 3 2 から各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N の受信信号を取得する。

【 0 0 6 2 】

ステップ S 4 において、較正係数計算器 2 2 は、各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N の受信信号に対して F F T (fast Fourier transform) をそれぞれ実行し、周波数領域の受信信号を取得する。周波数領域の受信信号は複素数値を有し、各周波数における各受信信号の振幅及び位相を表す。ステップ S 4 において、較正係数計算器 2 2 はさらに、各アンテナ素子 4 2 - 1 - 1 ~ 4 2 - M - N の周波数領域の受信信号のピークをそれぞれ抽出する。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、図 3 のアンテナ素子 4 2 - 1 - 1 によって受信された時間領域の受信信号を示すグラフである。図 8 は、図 7 の受信信号に対して F F T を適用した周波数領域の受信信号を示すグラフである。図 8 の X_{mn} は、アンテナ素子 4 2 - m - n ($1 \leq m \leq M$, $1 \leq n \leq N$) の周波数領域の受信信号のピークを示し、次式により表される。

【 0 0 6 4 】

【数 1】

$$X_{mn} = p \cdot \exp\{-j(2\pi d_{mn}/\lambda)\} \quad (1)$$

【数 2】

$$d_{mn} = (n-1)d_y \cos(\theta) \sin(\phi) + (m-1)d_z \sin(\theta) \quad (2)$$

【 0 0 6 5 】

ここで、 p は受信信号の振幅を示し、 λ は動作波長を示す。

【 0 0 6 6 】

図 6 のステップ S 5 において、較正係数計算器 2 2 は、周波数領域の受信信号に基づいて、次式を用いて相関行列 R_{xx} を計算する。

【 0 0 6 7 】

【数 3】

$$R_{xx} = XX^H \quad (3)$$

【数 4】

$$X = [X_{11}, X_{12}, X_{1n}, \dots, X_{21}, X_{22}, \dots, X_{mn}]^T \quad (4)$$

【 0 0 6 8 】

X は、各受信信号 X_{mn} からなる受信信号ベクトルを示す。ここで、上付き文字 T はベクトル及び行列の転置を示し、上付き文字 H はベクトル及び行列の複素共役転置を示す。

【 0 0 6 9 】

反射物の三次元的な位置を決定するために、例えば、相関行列 R_{xx} を用いて、次式の角度スペクトル $P(\theta, \phi)$ が計算される。

【 0 0 7 0 】

【数 5】

$$P(\phi, \theta) = \frac{\mathbf{a}^H(\phi, \theta) R_{xx} \mathbf{a}(\phi, \theta)}{\mathbf{a}^H(\phi, \theta) \mathbf{a}(\phi, \theta)} \quad (5)$$

【数 6】

$$\mathbf{a}(\phi, \theta) = \left[1, \exp\left\{-j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)d_{12}\right\}, \exp\left\{-j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)d_{13}\right\}, \dots, \exp\left\{-j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)d_{1n}\right\}, \right. \\ \left. \exp\left\{-j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)d_{21}\right\}, \dots, \exp\left\{-j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)d_{mn}\right\} \right]^T \quad (6)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

$a(\phi, \theta)$ は、方位角 ϕ 及び仰角 θ におけるステアリングベクトル（「モードベクトル」とも呼ぶ）を示す。

【 0 0 7 2 】

図 9 は、図 1 のレーダ装置 1 1 に対する反射器 1 2 の方位角 ϕ 及び仰角 θ に関する角度スペクトルを示すグラフである。式 (5) の角度スペクトル $P(\theta, \phi)$ を方位角 ϕ 及び仰角 θ に関して走査し、角度スペクトル $P(\theta, \phi)$ が最大になるときの方位角 ϕ 及び仰角 θ に反射物が位置していると推定される。

【 0 0 7 3 】

しかしながら、前述のように、アンテナ装置の指向特性には、設計値との誤差が生じることがある。誤差を含む受信信号 X'_{mn} は、例えば次式で表される。

【 0 0 7 4 】

【数 7】

$$X'_{mn} = p' \cdot \exp\{-j(2\pi d_{mn}/\lambda + \alpha)\} \quad (7)$$

【 0 0 7 5 】

p' は、誤差を含む受信信号の振幅を示し、 α は位相誤差を示す。振幅及び位相の誤差は、アンテナ素子 $42-1-1 \sim 42-N-M$ ごとに異なる可能性がある。

【 0 0 7 6 】

式 (7) のように誤差を含む受信信号 X'_{mn} からなる受信信号ベクトル X' を用いて相関行列 R_{xx} を計算し、角度スペクトル $P(\phi, \theta)$ を計算すると、角度スペクトル $P(\phi, \theta)$ が最大になる方位角 ϕ 及び仰角 θ が、反射物の真の方位角 ϕ 及び仰角 θ からずれる可能性がある。反射物の方位角 ϕ 及び仰角 θ を正しく推定するためには、角度スペクトル $P(\phi, \theta)$ を補正する必要がある。

【 0 0 7 7 】

図 6 のステップ S 6 において、較正係数計算器 2 2 は、相関行列 R_{xx} の固有値分解を実行し、最大固有値に対応する第 1 固有ベクトルを抽出する。ステップ S 7 において、較正係数計算器 2 2 は、第 1 固有ベクトルに基づいて較正ベクトルを計算する。

【 0 0 7 8 】

第 1 固有ベクトルの成分のうち、アンテナ素子 $42-m-n$ に対応する成分 e_{mn} を用いて、アンテナ素子 $42-m-n$ に対応する補正係数 C_{mn} は次式により得られる。

【 0 0 7 9 】

【数 8】

$$C_{mn} = \frac{\exp\{-j(2\pi d_{mn}/\lambda)\}}{e_{mn}} \quad (8)$$

【 0 0 8 0 】

受信信号ベクトル X は、アンテナ素子 $42-1-1 \sim 42-M-N$ の個数に等しい個数の成分を含む。従って、特定の方位角 ϕ 及び仰角 θ について、アンテナ素子 $42-1-1 \sim 42-M-N$ の個数に等しい個数の補正係数 C_{mn} が計算される。これらの補正係数 C_{mn} から、次式の較正ベクトルが得られる。

【 0 0 8 1 】

【数 9】

$$C(\phi, \theta) = [C_{11}, C_{12}, C_{13}, \dots, C_{1n}, C_{21}, \dots, C_{MN}]^T \quad (9)$$

【 0 0 8 2 】

前述のステアリングベクトル $a(\phi, \theta)$ と、較正ベクトル $C(\phi, \theta)$ とに基づいて、補正されたステアリングベクトル $a'(\phi, \theta)$ が次式のように計算される。

【 0 0 8 3 】

【数 10】

10

20

30

40

50

$$\mathbf{a}'(\phi, \theta) = \mathbf{a}(\phi, \theta) \circ \mathbf{C}(\phi, \theta) \quad (10)$$

【 0 0 8 4 】

式 (1 0) の右辺の演算子はアダマール積を示す。

【 0 0 8 5 】

補正された角度スペクトル $P_C(\phi, \theta)$ は、次式により得られる。

【 0 0 8 6 】

【 数 1 1 】

$$P_C(\phi, \theta) = \frac{\mathbf{a}'^H(\phi, \theta) \mathbf{R}_{xx} \mathbf{a}'(\phi, \theta)}{\mathbf{a}'^H(\phi, \theta) \mathbf{a}'(\phi, \theta)} \quad (11)$$

10

【 0 0 8 7 】

式 (1 1) は、方位角 ϕ 及び仰角 θ に依存する入射波の電力を示す。例えば、ビームフォーマ法と呼ばれる到来方向推定法によれば、式 (1 1) を評価関数として使用し、式 (1 1) の変数 ϕ 及び θ を変化させ、角度スペクトル $P_C(\phi, \theta)$ を最大化するときの変数 ϕ 及び θ の値を、入射波の到来方向として推定することができる。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 8 において、較正係数計算器 2 2 は、現在の方角 ϕ 及び仰角 θ に対応する較正ベクトル $\mathbf{C}(\phi, \theta)$ を記憶装置 2 3 に格納する。

【 0 0 8 9 】

20

ステップ S 9 において、コントローラ 2 1 は、方位角 ϕ の走査が終了したか否かを判断し、YES のときはステップ S 1 1 に進み、NO のときはステップ S 1 0 に進む。ステップ S 1 0 において、コントローラ 2 1 は、駆動装置 2 を用いて、反射器 1 2 の方位角 ϕ を $\Delta \phi$ だけインクリメントした値に設定し、ステップ S 3 に戻る。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 1 1 において、コントローラ 2 1 は、仰角 θ の走査が終了したか否かを判断し、YES のときは処理を終了し、NO のときはステップ S 1 2 に進む。ステップ S 1 2 において、コントローラ 2 1 は、駆動装置 3 を用いて、反射器 1 2 の仰角 θ を $\Delta \theta$ だけインクリメントした値に設定し、ステップ S 2 に戻る。

【 0 0 9 1 】

30

図 6 の較正処理を実行することにより、較正装置 1 は、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ ごとに較正ベクトル $\mathbf{C}(\phi, \theta)$ を計算することができる。

【 0 0 9 2 】

一般に、レーダ装置等による到来方向推定では、ある角度範囲にわたって走査しながら各角度における角度スペクトラムの値を計算し、角度スペクトラムの分布を得る。そのため、アンテナ素子の個数に等しい個数の成分を含むステアリングベクトルを、走査する角度範囲におけるサンプリング点の個数の分だけスタックして方向行列として取り扱うことが多い。同様に、実施形態に係る較正装置 1 は、較正ベクトル $\mathbf{C}(\phi, \theta)$ を、方位角 ϕ 及び仰角 θ におけるサンプリング点の個数の分だけスタックして較正行列として取り扱ってもよい。この場合、記憶装置 2 3 は較正行列を格納する。

40

【 0 0 9 3 】

〔レーダ探知処理〕

実際にレーダ装置 1 1 を用いて周囲の障害物などを検出しようとするとき、レーダ装置 1 1 は例えば以下のように動作する。

【 0 0 9 4 】

まず、コントローラ 3 4 は、較正ベクトル $\mathbf{C}$ を記憶装置 3 5 から読み出して信号処理回路 3 3 に設定する。

【 0 0 9 5 】

レーダ装置 1 1 は、レーダ波を送信し、反射物によって反射されたレーダ波を受信する。

【 0 0 9 6 】

50

信号処理回路 33 は、各アンテナ素子 $42-1-1 \sim 42-M-N$ の受信信号に対して FFT をそれぞれ実行し、さらに、各アンテナ素子 $42-1-1 \sim 42-M-N$ の周波数領域の受信信号のピークをそれぞれ抽出する。

【0097】

信号処理回路 33 は、各アンテナ素子 $42-1-1 \sim 42-M-N$ の周波数領域の受信信号のピークに基づいて、式 (3) を用いて相関行列 R を計算する。

【0098】

信号処理回路 33 は、相関行列 R、モードベクトル $a(\phi, \theta)$ 、及び較正行列 (ϕ, θ) に基づいて、式 (11) の補正された角度スペクトル $P_c(\phi, \theta)$ を計算する。

【0099】

信号処理回路 33 は、補正された角度スペクトル $P_c(\phi, \theta)$ を用いて、レーダ装置 11 を基準とする反射物の方向を推定する（方向サーチ）。例えば、信号処理回路 33 は、変数 ϕ 及び θ を所定の初期値から予め決められたステップ幅でインクリメントし、式 (11) を最大化するときの変数 ϕ 及び θ の値を、反射物の方向として推定する。

【0100】

その後、信号処理回路 33 は、推定された距離及び方向を、表示装置などの外部装置（図示せず）に出力する。

【0101】

〔第 1 の実施形態の変形例〕

図 10 は、第 1 の実施形態の第 1 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。図 10 の較正システムは、図 1 の駆動装置 2、3 に代えて、駆動装置 2A を備える。

【0102】

駆動装置 2A は、基部 2a、ターンテーブル 2b、アーム 2c、及び仰角調整機構 2d を備える。アーム 2c の一端は反射器 12 に直接に連結され、アーム 2c の他端は、仰角調整機構 2d の開口 2da を介して仰角調整機構 2d の内部に連結される。アーム 2c の仰角 θ は、仰角調整機構 2d によって変化する。これにより、アーム 2c 及び仰角調整機構 2d は、アンテナ装置 31 に対する反射器 12 の仰角 θ を変化させるように反射器 12 を回転移動可能に支持する。図 10 の基部 2a 及びターンテーブル 2b は、図 1 の対応する構成要素と同様に構成される。

【0103】

図 10 の較正装置 1 は、駆動装置 2A を用いて、図 1 の較正装置 1 と同様に、アンテナ装置 31 に対する反射器 12 の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算することができる。

【0104】

図 11 は、第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。図 11 の較正システムは、図 1 の駆動装置 2 に代えて、駆動装置 2B を備える。

【0105】

駆動装置 2B は、基部 2a、アーム 2c、固定台 2e、及び回転機構 2f を備える。固定台 2e は基部 2a に対して固定され、固定台 2e の上にレーダ装置 11 が配置される。回転機構 2f は、基部 2a 及び固定台 2e の間に設けられ、基部 2a 及び固定台 2e に対して回転する。従って、アーム 2c 及び回転機構 2f は、アンテナ装置 31 に対する反射器 12 の方位角 ϕ を変化させるように、駆動装置 3 及び反射器 12 を回転移動可能に支持する。

【0106】

図 11 の較正装置 1 は、駆動装置 2B、3 を用いて、図 1 の較正装置 1 と同様に、アンテナ装置 31 に対する反射器 12 の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算することができる。

【0107】

図 12 は、第 1 の実施形態の第 3 の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。図 12 の較正システムは、図 1 の駆動装置 2、3 に代えて、駆動装置 2C を備える。

【0108】

駆動装置2Cは、基部2a、アーム2c、固定台2e、ならびに、方位角及び仰角調整機構2gを備える。アーム2cの一端は反射器12に直接に連結され、アーム2cの他端は、方位角及び仰角調整機構2gの開口2gaを介して方位角及び仰角調整機構2gの内部に連結される。アーム2cの方位角 ϕ 及び仰角 θ は、方位角及び仰角調整機構2gによって変化する。これにより、アーム2cと、方位角及び仰角調整機構2gは、アンテナ装置31に対する反射器12の方位角 ϕ 及び仰角 θ を変化させるように反射器12を回転移動可能に支持する。図10の基部2a及び固定台2eは、図11の対応する構成要素と同様に構成される。

【0109】

図12の較正装置1は、駆動装置2Cを用いて、図1の較正装置1と同様に、アンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算することができる。

【0110】

図13は、第1の実施形態の第4の変形例に係る較正システムの構成を示す斜視図である。図13の較正システムは、図1の駆動装置2、3に代えて、駆動装置2Dを備える。

【0111】

駆動装置2Dは、基部2a、ターンテーブル2b、アーム2c、及び傾斜角調整機構2hを備える。反射器12は、アーム2cの先端に直接に連結されている。傾斜角調整機構2hはターンテーブル2bの上に配置され、傾斜角調整機構2hの上にレーダ装置11が配置される。傾斜角調整機構2hは、アンテナ装置31に対する反射器12の仰角を変化させるようにアンテナ装置31を傾斜可能に支持する。図13の基部2a及びターンテーブル2bは、図1の対応する構成要素と同様に構成される。

【0112】

図13の較正装置1は、駆動装置2Dを用いて、図1の較正装置1と同様に、アンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算することができる。

【0113】

[第1の実施形態の効果]

第1の実施形態に係る較正システムによれば、駆動装置2、3等を用いてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算する。これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置31を較正し、レーダ装置11に対する任意の反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【0114】

図1、図10、及び図13の較正システムによれば、ターンテーブル2bを備えた駆動装置2を用いたことにより、反射器12をレーダ装置11の周りで大きく動かすことなく、小さな空間においてレーダ装置11を較正することができる。

【0115】

[第2の実施形態]

[第1の実施形態の構成]

図14は、第2の実施形態に係る較正システムの構成を示す斜視図である。図14の較正システムは、図1の較正装置1及び駆動装置2に代えて、較正装置1E及び駆動装置2Eを備える。

【0116】

駆動装置2Eは、図1のアーム2cに代えて、アンテナ装置31から反射器12までの距離dを変化させるように反射器12を並進可能に支持するスライダ機構2iを備える。スライダ機構2iは、例えば、レーダ装置11から反射器12までの距離dが数十cm〜十数m程度の範囲で変化するように反射器12を駆動装置3及び反射器12を支持する。

【0117】

較正装置 1 E は、図 1 の較正装置 1 と同様に構成される。ただし、較正装置 1 E のコントローラ 2 1 は、アンテナ装置 3 1 及び反射器 1 2 のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の距離 d を設定するように駆動装置 2 E を制御する。また、コントローラ 2 1 は、前述のように、アンテナ装置 3 1 及び反射器 1 2 のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定するように駆動装置 2 E、3 を制御する。較正装置 1 E の較正係数計算器 2 2 は、コントローラ 2 1 が異なる方位角、異なる仰角、及び異なる距離を設定するごとに、無線信号に基づいて較正係数を計算する。

【0118】

[第 2 の実施形態の動作]

図 1 5 は、図 1 4 の較正装置 1 E によって実行される較正処理を示すフローチャートである。図 1 5 の較正処理は、図 6 の較正処理のステップ S 8 に代えてステップ S 8 A を含み、さらに、ステップ S 2 1 ~ S 2 3 を含む。

【0119】

ステップ S 2 1 において、コントローラ 2 1 は、駆動装置 2 E を用いて、反射器 1 2 の距離 d を初期値に設定し、ステップ S 1 に進む。

【0120】

図 1 5 のステップ S 1 ~ S 7 は、図 6 の対応するステップと同様である。ただし、図 1 5 のステップ S 7 において、較正係数計算器 2 2 は、現在の方位角 ϕ 、仰角 θ 、及び距離に対応する較正ベクトル $C(\phi, \theta, d)$ を計算する。ステップ S 8 A において、較正係数計算器 2 2 は、現在の方位角 ϕ 、仰角 θ 、及び距離に対応する較正ベクトル $C(\phi, \theta, d)$ を記憶装置 2 3 に格納する。図 1 5 のステップ S 9 ~ S 1 2 は、図 6 の対応するステップと同様である。

【0121】

ステップ S 1 1 が YES のとき、ステップ S 2 2 に進む。ステップ S 2 2 において、コントローラ 2 1 は、距離 d の走査が終了したか否かを判断し、YES のときは処理を終了し、NO のときはステップ S 2 3 に進む。ステップ S 2 3 において、コントローラ 2 1 は、駆動装置 2 E を用いて、反射器 1 2 の距離 d を Δd だけインクリメントした値に設定し、ステップ S 1 に戻る。

【0122】

第 1 の実施形態のように、較正係数を計算するときにレーダ装置 1 1 から反射器 1 2 までの距離 d が固定されている場合、レーダ装置 1 1 に対する任意の反射物の距離が較正時の距離に一致しているときに反射物の位置を最も正確に決定することができる。レーダ装置 1 1 に対する反射物の距離が較正時の距離とは異なる場合、誤差が生じる可能性がある。これに対して、第 2 の実施形態に係る較正システムによれば、駆動装置 2 E、3 を用いてアンテナ装置 3 1 に対する反射器 1 2 の複数の方位角 ϕ 、複数の仰角 θ 、及び複数の距離 d を設定し、異なる方位角 ϕ 、異なる仰角 θ 、及び異なる距離 d を設定するごとに較正係数を計算する。これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置 3 1 を較正し、レーダ装置 1 1 に対する任意の反射物の三次元的な位置をより正確に決定することができる。

【0123】

第 2 の実施形態では、較正ベクトルは、方位角 ϕ 、仰角 θ 、及び距離 d の関数 $C(\phi, \theta, d)$ である。第 2 の実施形態に係る較正装置 1 E は、較正ベクトル $C(\phi, \theta, d)$ を方位角 ϕ 及び仰角 θ におけるサンプリング点の個数の分だけスタックした較正行列を、距離 d におけるサンプリング点の個数の分だけ計算してもよい。

【0124】

[第 3 の実施形態]

図 1 6 は、第 3 の実施形態に係るレーダ装置 1 1 F の構成を示すブロック図である。レーダ装置 1 1 F に較正装置の機能が一体化されてもよい。レーダ装置 1 1 F は、図 2 のコントローラ 3 4 及び記憶装置 3 5 に代えて、コントローラ 3 4 F 及び較正係数計算器 3 6

10

20

30

40

50

を備える。

【0125】

コントローラ34Fは、アンテナ装置31及び反射器12のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角及び複数の仰角を設定するように、例えば図1の駆動装置2, 3を制御する。

【0126】

較正係数計算器36は、アンテナ装置31の指向特性を設計値に近づけるように、アンテナ装置31の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算する。較正係数計算器36は、コントローラ34Fが異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、アンテナ装置31から放射され、反射器12によって反射され、アンテナ装置31によって受信された無線信号に基づいて較正係数を計算する。較正係数計算器36は、計算された較正係数を信号処理回路33に直接に設定する。

10

【0127】

第3の実施形態に係るレーダ装置11Fによれば、第1及び第2の実施形態に係る較正システムと同様に、駆動装置2, 3を用いてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角 ϕ 及び複数の仰角 θ を設定し、異なる方位角 ϕ 及び異なる仰角 θ を設定するごとに較正係数を計算する。これにより、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置31を較正し、レーダ装置11Fに対する任意の反射物の三次元的な位置を正確に決定することができる。

【0128】

20

コントローラ34Fは、図1の駆動装置2, 3に代えて、図10～図14に示す他の駆動装置を制御してもよい。また、較正係数計算器36は、計算された較正係数を信号処理回路33に直接に設定することに代えて、いったん記憶装置に格納してもよい。また、信号処理回路33及び較正係数計算器36は、一体的に構成されてもよい。

【0129】

〔変形例〕

アンテナ装置31は、図4に示すような平面上のアレイアンテナ装置に限らず、複数のアンテナ素子が三次元的に配置されたアレイアンテナ装置であってもよい。

【0130】

送信アンテナとして動作するアンテナ素子41は、無指向性に代えて、主ビームを二次元的に走査可能であるように構成されてもよい。

30

【0131】

〔まとめ〕

本開示の各側面に係る較正システム及び較正方法は、以下のように表現されてもよい。

【0132】

本開示の一側面によれば、主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置31を備えたレーダ装置11の較正装置1であって、較正装置1は、コントローラ21、較正係数計算器22、及び記憶装置23を備える。コントローラ21は、アンテナ装置31及び反射器12のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角及び複数の仰角を設定するように駆動装置2, 3を制御する。較正係数計算器22は、アンテナ装置31の指向特性を設計値に近づけるように、アンテナ装置31の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算する。記憶装置23は、較正係数計算器22によって計算された較正係数を格納する。較正係数計算器22は、コントローラ21が異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、アンテナ装置31から放射され、反射器12によって反射され、アンテナ装置31によって受信された無線信号に基づいて較正係数を計算する。

40

【0133】

本開示の一側面によれば、コントローラ21は、アンテナ装置31及び反射器12のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の距離を設定するように駆動装置2Eを制御する。較正係数計算器22は、コントローラ21が異な

50

る方位角、異なる仰角、及び異なる距離を設定するごとに、無線信号に基づいて較正係数を計算する。

【0134】

本開示の一側面によれば、レーダ装置11の較正システムは、請求項1又は2記載の較正装置1と、反射器12と、レーダ装置11のアンテナ装置31と、反射器12とのうちの少なくとも一方を移動させる駆動装置2, 3とを備える。

【0135】

本開示の一側面によれば、駆動装置2, 2A, 2D, 2Eは、アンテナ装置31に対する反射器12の方位角を変化させるようにアンテナ装置31を回転可能に支持するターンテーブルを備える。

【0136】

本開示の一側面によれば、駆動装置2B, 2Cは、アンテナ装置31に対する反射器12の方位角を変化させるように反射器12を回転移動可能に支持するアームを備える。

【0137】

本開示の一側面によれば、駆動装置3は、アンテナ装置31に対する反射器12の仰角を変化させるように反射器12を並進可能に支持する機構を備える。

【0138】

本開示の一側面によれば、駆動装置2A, 2Cは、アンテナ装置31に対する反射器12の仰角を変化させるように反射器12を回転移動可能に支持するアームを備える。

【0139】

本開示の一側面によれば、駆動装置2Dは、アンテナ装置31に対する反射器12の仰角を変化させるようにアンテナ装置31を傾斜可能に支持する機構を備える。

【0140】

本開示の一側面によれば、駆動装置2Eは、アンテナ装置31から反射器12までの距離を変化させるように反射器12を並進可能に支持する機構を備える。

【0141】

本開示の一側面によれば、主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置31を備えたレーダ装置11であって、レーダ装置11は、コントローラ34F及び較正係数計算器36を備える。コントローラ34Fは、アンテナ装置31及び反射器12のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角及び複数の仰角を設定するように駆動装置2, 3を制御する。較正係数計算器36は、アンテナ装置31の指向特性を設計値に近づけるように、アンテナ装置31の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算する。較正係数計算器36は、コントローラ34Fが異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、アンテナ装置31から放射され、反射器12によって反射され、アンテナ装置31によって受信された無線信号に基づいて較正係数を計算する。

【0142】

本開示の一側面によれば、主ビームを二次元的に走査可能なアンテナ装置31を備えたレーダ装置11の較正方法であって、駆動装置2, 3を用いて、アンテナ装置31及び反射器12のうちの少なくとも一方を移動させてアンテナ装置31に対する反射器12の複数の方位角及び複数の仰角を設定するステップと、アンテナ装置31の指向特性を設計値に近づけるように、アンテナ装置31の指向性を変化させかつ較正する信号処理回路の較正係数を計算するステップと、計算された較正係数を記憶装置23に格納するステップとを含む。較正係数を計算するステップは、異なる方位角及び異なる仰角を設定するごとに、アンテナ装置31から放射され、反射器12によって反射され、アンテナ装置31によって受信された無線信号に基づいて較正係数を計算することを含む。

【産業上の利用可能性】

【0143】

本開示の較正システムは、主ビーム方向を二次元的に走査可能なアンテナ装置を備えたレーダ装置を例えば出荷時に検査するとき、レーダ装置を従来よりも正確に較正すること

10

20

30

40

50

ができる。

【符号の説明】

【0144】

- 1, 1E 較正装置
- 2, 2A～2E, 3 駆動装置
- 11, 11F レーダ装置
- 12 反射器
- 21 コントローラ
- 22 較正係数計算器
- 23 記憶装置
- 31 アンテナ装置
- 32 無線周波回路
- 33 信号処理回路
- 34, 34F コントローラ
- 35 記憶装置
- 36 較正係数計算器
- 41, 42-1-1～42-M-N アンテナ素子
- 51 発振器
- 52-1-1～52-M-N ミキサ
- 53-1-1～53-M-N 増幅器
- 54-1-1～54-M-N フィルタ
- 55-1-1～55-M-N アナログ／デジタル変換器（ADC）

10

20

30

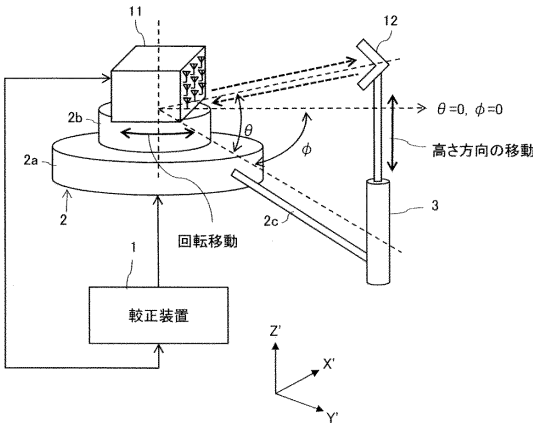
40

50

【図面】

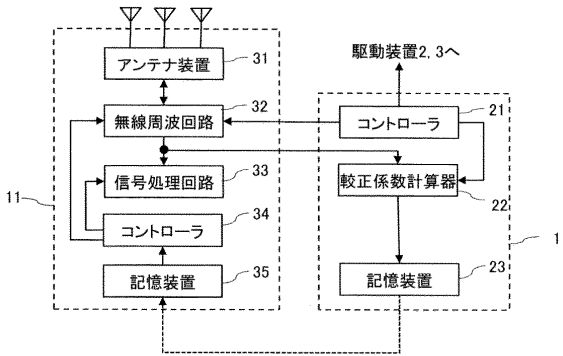
【図 1】

図 1



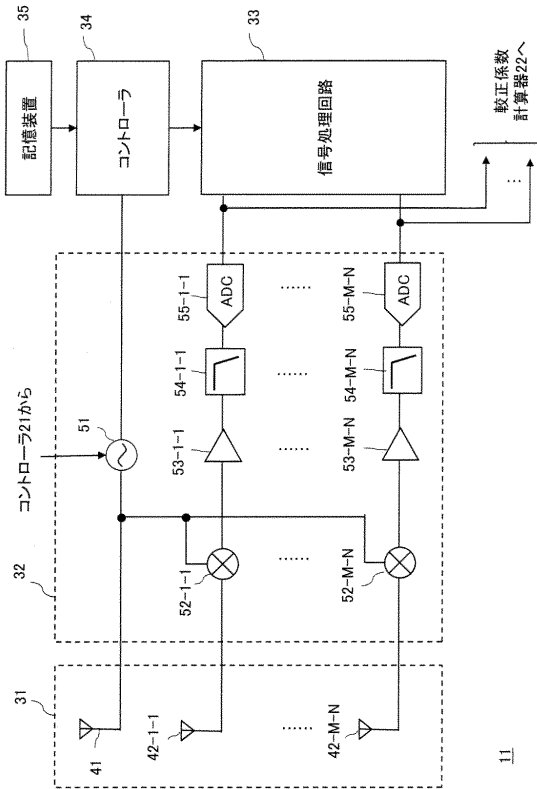
【図 2】

図 2



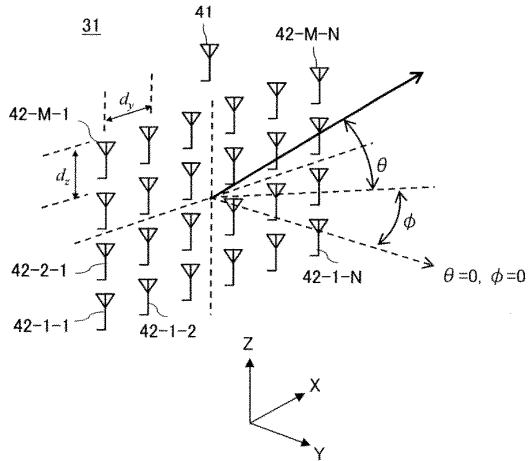
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



10

20

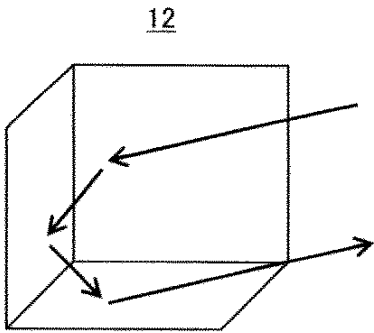
30

40

50

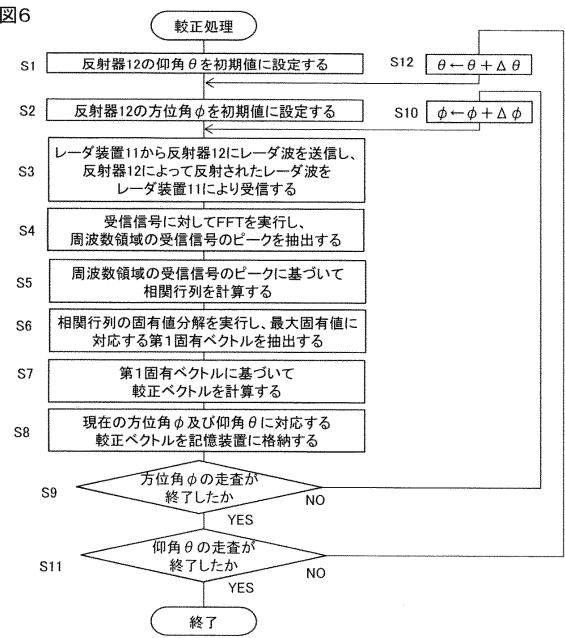
【図 5】

図5



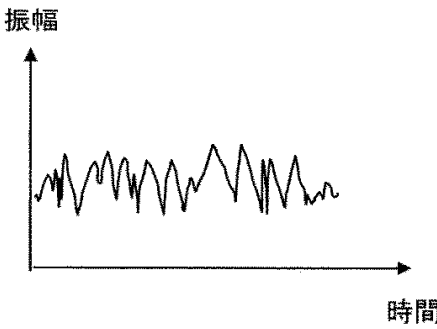
【図 6】

図6



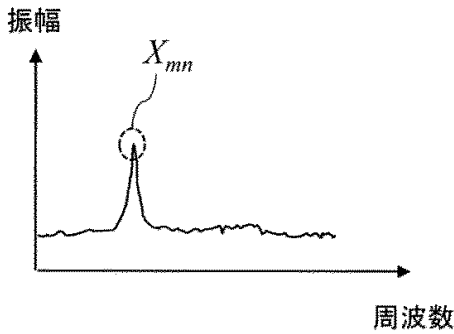
【図 7】

図7



【図 8】

図8



10

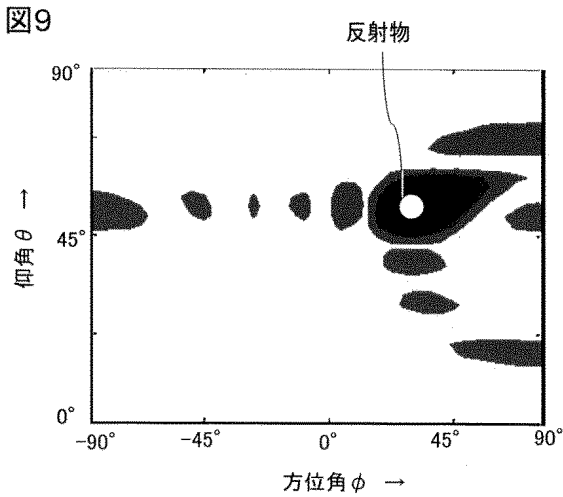
20

30

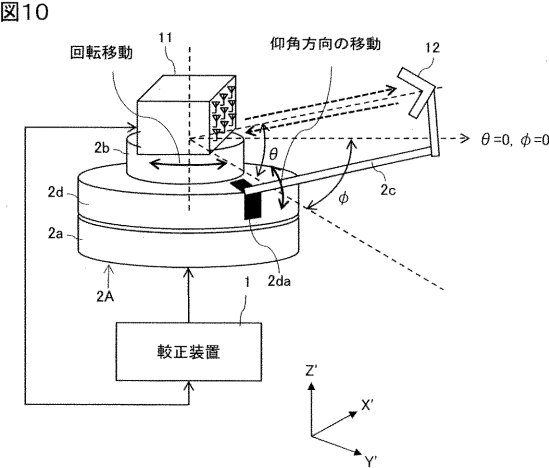
40

50

【図 9】

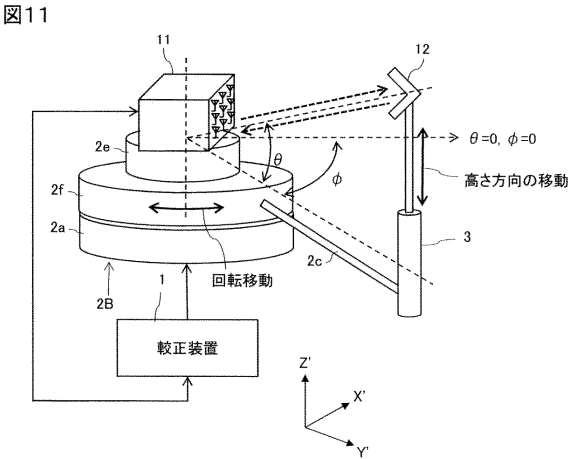


【図 10】

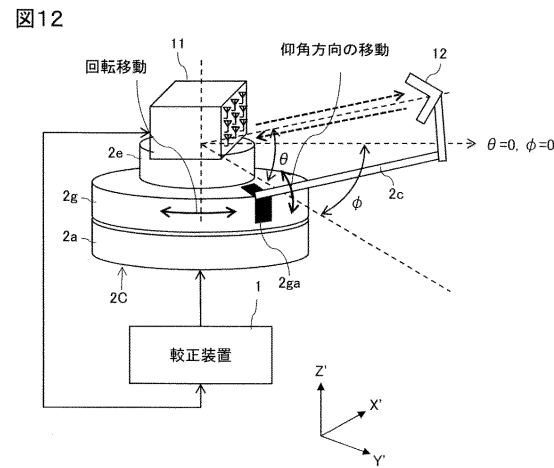


10

【図 11】



【図 12】



20

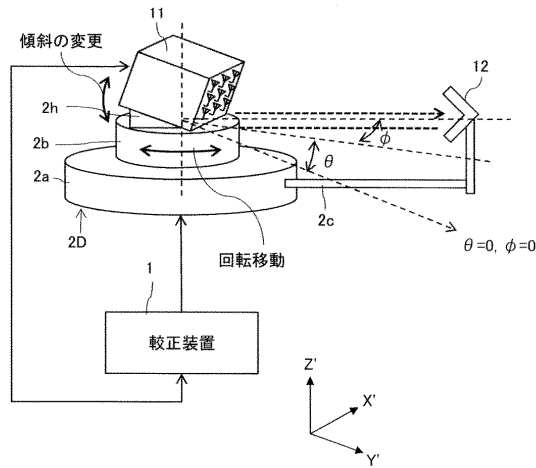
30

40

50

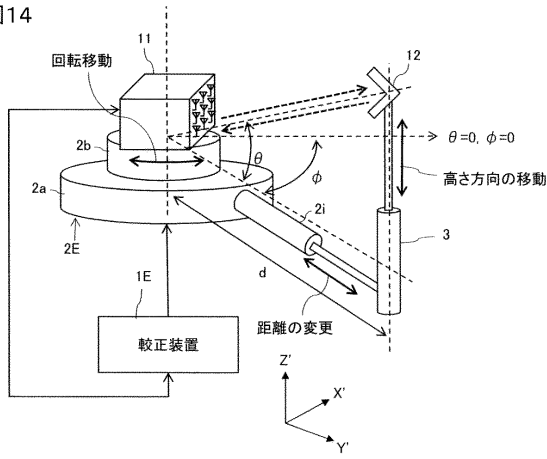
【図 1 3】

図13



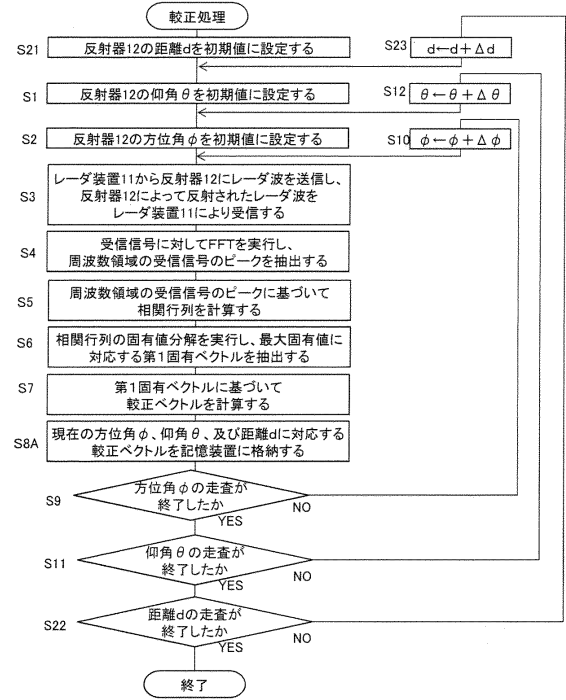
【図 1 4】

図14



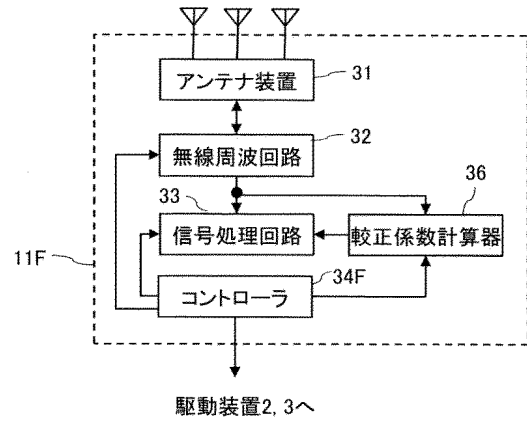
【図 1 5】

図15



【図 1 6】

図16



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2019/242913 (WO, A1)
 特開2012-185039 (JP, A)
 特開2018-189537 (JP, A)
 米国特許出願公開第2018/0136313 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 G01S 7/00 - G01S 7/42
 G01S 13/00 - G01S 13/95