

(51)Int.Cl.⁷

F I

G 0 1 S 7/292

G 0 1 S 7/292

A

G 0 1 S 13/04

G 0 1 S 13/04

請求項の数6 (全11頁)

(21)出願番号 特願2002-45783(P2002-45783)
 (22)出願日 平成14年2月22日(2002.2.22)
 (65)公開番号 特開2003-248047(P2003-248047A)
 (43)公開日 平成15年9月5日(2003.9.5)
 審査請求日 平成14年2月22日(2002.2.22)

(73)特許権者 390014306
 防衛庁技術研究本部長
 東京都新宿区市谷本村町5番1号
 (73)特許権者 000004237
 日本電気株式会社
 東京都港区芝五丁目7番1号
 (74)代理人 100077838
 弁理士 池田 憲保
 (72)発明者 荒木 完
 東京都練馬区高松2-6-15
 (72)発明者 田中 昭夫
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
 式会社内

審査官 中村 直行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーダ画像化信号処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

空中線と組合されて使用され、電磁波を空中線を介して空間に放射することによって物体から反射された反射波を空中線を介して受信波として受信するレーダ画像化信号処理装置において、

受信波の位相情報と、電磁波を放射してから反射波を受信するまでの時間から求めた距離情報と、空中線の放射ビーム方向の方位から求めた方位情報とを用いて、受信波の位相分布を算出する位相分布算出回路と、

前記位相分布を該位相分布とは特徴量が異なる他の分布に変換する位相分布変換回路と、該位相分布変換回路によって変換された分布全体の領域を複数の小領域に分割して、それらの小領域間の相関値を求める相関処理回路と、

前記相関値から自然物と人工物の相関の相違を用いて目標を検出し、大きさを推定する目標検出回路とを有することを特徴とするレーダ画像化信号処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載のレーダ画像化信号処理装置において、

前記位相分布変換回路は、前記位相分布を、フラクタル次元分布或いは空間周波数分布に代表される特徴量を抽出する分布に変換するものであることを特徴とするレーダ画像化信号処理装置。

【請求項3】

請求項1に記載のレーダ画像化信号処理装置において、

受信波の振幅情報と、前記距離情報と、前記方位情報とを用いて、受信波の振幅分布を算出する振幅分布算出回路と、

前記振幅分布の特徴を検出するために前記振幅分布を、エッジ検出に代表される特徴量を抽出する分布に変換する振幅分布変換回路とを、更に、有し、

前記目標検出回路は、前記相関値のみならず前記振幅分布変換回路の出力をも用いて、前記相関値から自然物と人工物の相関の相違を用いて目標を検出し、大きさを推定することを特徴とするレーダ画像化信号処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のレーダ画像化信号処理装置において、

前記目標検出装置で抽出した目標の分布と、あらかじめ既知の目標データから算出しておいた分布データとを比較して目標の類別を行う目標類別回路を、更に、有することを特徴とするレーダ画像化信号処理装置。

10

【請求項 5】

空中線と組合されて使用され、電磁波を空中線を介して空間に放射することによって物体から反射された反射波を空中線を介して受信波として受信するレーダ画像化信号処理装置において、

受信波の位相情報と、電磁波を放射してから反射波を受信するまでの時間から求めた距離情報と、空中線の放射ビーム方向の方位から求めた方位情報とを用いて、受信波の位相分布を算出する位相分布算出回路と、

前記位相分布を、フラクタル次元分布或いは空間周波数分布に代表される特徴量を抽出する分布に変換する位相分布変換回路と、

20

該位相分布変換回路によって変換された分布全体の領域を複数の小領域に分割して、それらの小領域間の相関値を求める相関処理回路と、

受信波の振幅情報と、前記距離情報と、前記方位情報とを用いて、受信波の振幅分布を算出する振幅分布算出回路と、

前記振幅分布の特徴を検出するために前記振幅分布を、エッジ検出に代表される特徴量を抽出する分布に変換する振幅分布変換回路と、

前記相関値と前記振幅分布変換回路の出力とから、自然物と人工物の相関の相違を用いて目標を検出し、大きさを推定する目標検出回路とを有することを特徴とするレーダ画像化信号処理装置。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載のレーダ画像化信号処理装置において、

前記目標検出装置で抽出した目標の分布と、あらかじめ既知の目標データから算出しておいた分布データとを比較して目標の類別を行う目標類別回路を、更に、有することを特徴とするレーダ画像化信号処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複雑な自然背景下における人工目標の電波を用いた検出に関し、固定の目標または低速で移動する目標を検出する能力の改良に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

一般的に、自然環境の中に置かれた物体の電波を用いた検出方法は、電波を送信し、その反射信号の帰ってくる時間や方向から目標の位置を検出するレーダ装置で、固定物からの反射信号に対して、反射物体が移動していることにより生じる周波数のドップラーシフトを用いて固定物からの反射を除去するMTI (moving target indicating actor) 方式や反射環境の分布が既に知られている雨滴や海面等の中に埋もれた目標を抽出するLOG-CFAR (logarithmic constant false alarm rate) (航空電子装置：日刊工業新聞社、P103~109) により検出する方法等、高速で移動する目標だけを検出したり、既知の分布を持つ背景雑音の中に

50

ある目標だけを検出したりする方法がある。しかしながら、近年、複雑な背景と目標がともに固定状態であったり、目標が複雑な背景の中を低速で移動する場合でも目標を検出することが要求されている。

【 0 0 0 3 】

この要請に答えるための手法が、例えば、特開平 1 0 - 2 8 3 4 8 2 号公報や特開平 0 1 - 2 6 7 4 8 0 号公報等に関示されている。

【 0 0 0 4 】

これらの手法は、複雑な背景と目標とを含む時系列的な 2 つの画像データから背景の移動ベクトルと移動する目標を含む微小領域の移動ベクトルの差異を利用したり、目標の輝度や面積だけでなく、画像の空間周波数の微分値からエッジを強調して弁別をし易くしたものである。

10

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

ところが、周波数のドップラーシフトを用いて固定物からの反射を除去する M T I 方式は、ドップラーシフトの周波数をフィルターで分離する必要があるため、ドップラーシフト量の無いか少ない固定した目標や低速度で移動する目標は、反射信号の周波数スペクトラムが零周波数近辺で分布する背景に対してその分布の中に隠れてしまい、分離が難しいという問題がある。

【 0 0 0 6 】

反射環境の分布が既に知られている雨滴や海面等の中に埋もれた目標を抽出する L O G - C F A R により検出する方法は、背景の反射特性分布が予め知られた分布をしている場合には、それらを抑圧して、その分布に従わない目標からの反射信号を分離することができるが、背景の反射特性分布が未知となる複雑な背景に対しては適用が困難であるという問題がある。

20

【 0 0 0 7 】

時系列的な 2 つの画像データから背景の移動ベクトルと移動する目標を含む微小領域の移動ベクトルの差異を利用する技術では、移動する目標の大きさが一般的には不明のため微小領域の設定に対して目標が小さい場合には移動ベクトルの差異が小さく、検出がし難くなるという問題がある。一方、十分小さな目標に対してその領域の移動ベクトルが背景の移動ベクトルに比べて大きくなるように微小領域を小さくすると、微小領域の数が飛躍的に多くなり、演算時間が長くなり、短時間での検出が出来なくなるという問題がある。

30

【 0 0 0 8 】

また、画像の空間周波数の微分からエッジを強調して弁別をし易くする技術では、背景や目標の画像の輪郭がより強調されるが、背景の複雑な画像のエッジも強調され、目標かどうかの区別が難しく、目標の検出が困難であるという問題がある。

【 0 0 0 9 】

本発明の主な目的は、複雑な背景の中にある固定した目標、または低速で移動する目標を反射信号の空間的な位相の分布状況により容易に検出すると共に、大きさを推定できるようにしたレーダ画像化信号処理装置を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

40

【 課題を解決するための手段 】

本発明によるレーダ画像化信号処理装置は、空中に放射する電波の信号を生成する送信機 (1) と、物体からの反射電力を受信する受信機 (4) と、空中に電波を放射するための空中線 (3) と、送信信号の送信から反射信号の受信までの距離を示す距離情報検出回路 (6) と、空中線ビーム指向方向を示す方位 / 仰角情報検出回路 (7) より構成されるレーダ装置における受信系の部分に、受信信号の位相を検出する位相検出回路 (5) と、検出された位相情報と空中線の方位 / 仰角情報および距離情報から位相の空間的な分布を算出する位相分布算出回路 (8) と、算出された空間的な位相分布が複雑な背景と人工的形状を有する目標では、フラクタル次元分布や空間周波数分布のような、位相分布とは特徴量が異なる他の分布に変換するための位相分布変換回路 (9) と、変換した分布全体の領

50

域を複数の小領域に分割して、それらの小領域間の分布の相関を求める相関処理回路（ 10 ）と、求めた相関値の自然物と人工物の相関の相違から目標を検出し、検出した目標付近の同一分布の小領域の集合の大きさから目標の大きさを推定する目標検出回路（ 11 ）とを設けたことを特徴としている。

【 0 0 1 1 】

このレーダ画像化信号処理装置は、自然物等複雑な背景からの反射信号の空間的な位相分布がランダムに近くなる一方、人工物等の目標からの反射信号の空間的な分布は、ランダムにならず人工物の反射表面形状に応じて違った分布を生じるので、位相の空間の分布を変換した分布を複数の微小部分に分割して、それらの小領域間の分布の相関を求めると、自然物からの反射の空間的な分布と人工物からの反射の空間的な分布とでは相関値が異なるという作用を利用している。

10

【 0 0 1 2 】

従って、周辺とは異なる相関を持つ領域から人工物の目標を検出し、その領域の大きさから目標の大きさが推定できるという効果が得られる。

【 0 0 1 3 】

また、前記構成における受信系の部分にさらに、受信信号の振幅を検出する振幅検出回路（ 12 ）と、検出された振幅情報と空中線の方位 / 仰角情報および距離情報とから振幅の空間的な分布を算出する振幅分布算出回路（ 13 ）とを付加させたことを特徴としている。受信信号の位相と振幅の両方と、電磁波を放射し、反射波を受信するまでの時間から求めた距離情報と、空中線の放射ビーム方向の方位とから求めた方位 / 距離情報とを用いて、振幅の分布を算出する振幅分布算出回路と、その振幅分布からエッジ検出に代表されるような特徴量を抽出するため振幅分布変換回路とを設け、その出力を前記の目標検出回路に供給出来るようにしたことにより、振幅分布の情報からの目標らしい領域の大きさと、位相分布の情報から求めた人工物の領域の大きさの比較から目標の大きさが推定し易くなるという効果が得られる。

20

【 0 0 1 4 】

更に、前記構成における受信系に、位相の分布および振幅の分布の相関値を複数の既知の目標に対応したデータとして蓄えたデータベース（ 15 ）と、そのデータベースと目標を検出した部分の領域の位相の分布および振幅の分布の相関値を比較する目標類別回路（ 16 ）とを設けることにより、目標がどんな種類の物であるかの類別を行うことができるという効果が得られる。

30

【 0 0 1 5 】

【 発明の実施の形態 】

次に、本発明の上記および他の目的、特徴および利点を明確にすべく、以下添付した図面を参照しながら、本発明の実施の形態につき詳細に説明する。

図 1 を参照すると、本発明の一実施例のブロック図が示されている。本実施例は、空中に放射する電波の信号を生成する送信機 1 と、物体からの反射電力を受信する受信機 4 と空中に電波を放射するための空中線 3 と、電波の送信と反射波の受信を一つの空中線 3 により行うための送受切替器 2 と、反射物までの距離を求める距離情報検出回路 6 と、空中線ビーム指向方向を示す方位 / 仰角情報検出回路 7 より構成されるレーダ装置において受信系に、受信信号の位相を検出する位相検出回路 5 と、検出された位相情報と空中線の方位 / 仰角情報および距離情報とから位相の空間的な分布を算出する位相分布算出回路 8 と、算出された空間的な位相分布が複雑な背景と人工的形状を有する目標ではフラクタル次元や空間周波数分布のような特徴量が異なることを利用して、位相分布とは異なる他の分布に変換するための位相分布変換回路 9 と、変換した分布全体の領域を複数の小領域に分割して、それらの小領域間の分布の相関を求める相関処理回路 10 と、求めた相関値を自然物と人工物の相関の相違を用いて目標を検出し、検出した目標付近の同一分布の小領域の集合の大きさから目標の大きさを推定する目標検出回路 11 とを有する。

40

【 0 0 1 6 】

この送信機 1 からの信号は、送受切替器 2 を経由して空中線 3 に供給され、空中に電波と

50

して放射される。放射された電波は物体で反射され、その一部が再び空中線 3 で受信され、送受切替器 2 を経由して受信機 4 に供給される。そして、本発明に従って位相検出回路 5 と位相分布算出回路 8 と位相分布変換回路 9 と相関回路 10 と目標検出回路 11 とが設けられている。この位相検出回路 5 は、送信時の信号の位相を基準として、反射信号の相対的な位相差を検出し、位相分布算出回路 8 で、例えば、方位と仰角に対する位相の分布や方位と距離に対する位相の分布等を生成し出力する。距離情報は、電磁波を送信し反射波を受信するまでの時間から反射物までの距離を求めるための距離情報検出回路 6 から得られ、方位と仰角の情報は空中線の放射ビーム方向から反射信号の方位と仰角を検出するための方位 / 仰角情報検出回路 7 から得られる。位相分布算出回路 8 で生成された受信信号の位相分布は、空間的な位相分布が複雑な背景と人工的な形状を有する目標では、フラクタル次元や空間周波数の分布が異なる特徴を利用するために、位相分布変換回路 9 に供給され、空間に対する位相分布をフラクタル次元解析や空間周波数解析等を行って、空間に対する位相分布とは異なる他の分布に変換し出力する。このようにして求められた分布は相関処理回路 10 に供給され、全体の領域が複数の小領域に分割され、それらの小領域間の分布の相関が求められ、目標検出回路 11 に供給される。目標検出回路 11 では、相関値の自然物と人工物の相違から目標のある小領域を検出し、検出した目標付近の同一分布の小領域の集合の大きさから目標の大きさを推定することができる。

【 0 0 1 7 】

位相分布の自然物と人工物との相違について、図 2 ~ 6 を参照して説明する。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、一例として、目標物として平板が置かれている場所から離れた高所に空中線を配置し、仰角方向に空中線ビーム角度 で空中線を走査しながら目標からの反射信号を受信する場合の配置図を示す。図 3 は空中線放射ビームの位相中心で回転させた場合、図 4 は空中線放射ビームの位相中心以外を回転中心として回転させた場合の受信した反射信号の相対位相を空中線ビーム角度に対して表した図である。

【 0 0 1 9 】

目標物が複雑な形状をしている場合には反射波の位相は、放射角度に対してランダムに変動するが、図 3 や図 4 に示すように、平面構造の表面からの反射波の位相は空中線ビーム角度に対して、図 3 のように角度によらず一定位相の部分が見れたり、図 4 のように周期的に位相が変動する部分が生じる。

【 0 0 2 0 】

実際に小さな直方体形状の建物を図 2 のように計測し、空中線の方位と仰角に対して振幅分布を強度で濃淡を付けてグラフ化した図を図 5 に、相対位相の分布を大きさで濃淡を付けてグラフ化した図を図 6 に示す。図 6 に示すように、建物以外の自然物からの位相分布に対して、建物に相当する表面からの反射波の位相の分布に周期的な変化が見れる。

【 0 0 2 1 】

前記の現象から、位相分布の全領域を複数の小領域に分割し、その各小領域に対して空間スペクトルやフラクタル次元を求めると、自然物からの反射位相分布のランダムな部分と人工物のあるランダムでない部分ではその解析値に相違が生じることになる。

【 0 0 2 2 】

この相違から人工物の存在位置を検出することが可能となり、目標付近の同一解析値の小領域の広がり大きさにより、目標物の大きさを推定することが可能となる。

【 0 0 2 3 】

平面状表面において反射波の位相の角度に対する周期的な変化は、反射波の合成ベクトルが角度が変わるとき相対的な距離が変化するために発生するため、例えば、目標が固定した状態の場合には、このように空中線を動かすことにより得られ、また、目標が低速で移動する場合にも距離が変化するために同様の効果が生じる。

【 0 0 2 4 】

図 7 を参照すると、本発明の他の実施例のブロック図が示されている。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

本実施例は、前記実施例に受信信号の振幅を検出するための振幅検出回路 1 2 と距離情報検出回路 6 で得られた受信信号の距離情報と方位 / 仰角情報検出回路 7 で得られた方位と仰角の角度情報とから振幅の空間的な分布を求める振幅分布算出回路 1 3 を有する。

【 0 0 2 6 】

空中線 3 で受信され、送受切替器 2 を経由して受信機 4 に供給された信号は、振幅検出回路 1 2 において受信レベルを検出し、振幅分布算出回路 1 3 で、例えば、方位と仰角に対する振幅の分布、例えば図 5 や方位と距離に対する位相の分布等を生成し出力する。振幅分布算出回路 1 3 で生成された受信信号の振幅分布に対して、振幅分布変換回路 1 4 は、空間的な振幅分布の特徴を抽出するために、エッジ検出等の変換を行い出力する。このようにして求められた分布は目標検出回路 1 1 に供給され、位相分布相関値から目標を検出したり、同一の分布形状の大きさから目標の大きさを推定する際に、振幅分布からの目標の位置と大きさの情報としてデータの照合や融合を行うことにより、目標の位置や大きさの推定をより正確に行うことができる。

10

【 0 0 2 7 】

図 8 を参照すると、本発明の更の他の実施例のブロック図が示されている。

【 0 0 2 8 】

本実施例は、前記実施例の目標検出回路 1 1 に更に、位相分布 / 振幅分布データベース 1 5 と目標類別回路 1 6 を有する。

【 0 0 2 9 】

目標検出回路 1 1 から出力される目標の相関値や大きさを、予め複数の目標物について位相および振幅特性を記録しデータベース化しておいた位相分布 / 振幅分布データベース 1 5 の情報と比較し、抽出した目標に近いデータベースの目標を探し出すための目標類別回路 1 6 を付加したことにより、抽出した目標がどんなものであるかの推定を行うことができる。

20

【 0 0 3 0 】

図 9 を参照すると、本発明の別の実施例のブロック図が示されている。

【 0 0 3 1 】

その基本的構成は上記の通りであるが、位相分布や振幅分布を表す空間の取り方についてさらに工夫している。

【 0 0 3 2 】

図 9 において、位相分布算出回路 8 (図 7) を、位相対方位仰角分布算出回路 1 7 と位相対方位距離分布算出回路 1 8 で構成し、振幅分布算出回路 1 3 (図 7) を、振幅対方位仰角分布算出回路 1 9 と振幅対方位距離分布算出回路 2 0 で構成している。位相検出回路 5 で出力された信号の位相情報を 2 分配し、一つは空中線ビームの方位と仰角の方向に対する位相の分布として算出し、例えば、横軸を方位、縦軸を仰角、位相を色の濃淡で出力する。この場合、距離方向にはベクトルを積算合計してもよいし、振幅の最大値の位置の位相を抽出してもよいし、任意の距離での位相としてもよい。他の一つは空中線ビームの方位毎に距離に対する位相の分布を求め、例えば横軸に方位、縦軸に距離、位相を色の濃淡として算出する。これにより、前者からは、可視カメラ画像と同様に距離は不明確であるが、広い角度範囲での目標の分布を知ることができ、後者からは、任意仰角の平面的な分布を知ることができる。ここでは記述していないが、横軸を距離、縦軸を仰角として位相を色の濃淡で表せば、高さや距離の断面での分布を知ることができる。また、振幅についても同様に振幅検出回路 1 2 の出力を 2 分配し、上記と同様にして、例えば、横軸を方位、縦軸を仰角、振幅の強度を色の濃淡で出力する。この場合、距離方向には振幅を積算合計してもよいし、振幅の最大値の位置の振幅を抽出してもよいし、任意の距離での振幅としてもよい。他の一つは空中線ビームの方位毎に距離に対する振幅の分布を求め、例えば横軸に方位、縦軸に距離、振幅の強度を色の濃淡として算出する。このようにすることにより、前者からは、可視カメラ画像と同様に距離は不明確であるが、広い角度範囲での目標の分布を知ることができ、後者からは、任意仰角の平面的な分布を知ることができる。横軸を距離、縦軸を仰角として振幅の強度を色の濃淡で表せば、高さや距離の断面での分

30

40

50

布を知ることもできる。

【 0 0 3 3 】

本装置の全体が、移動するプラットフォームに搭載されている場合でも、プラットフォームに自己位置を検出する機能を付加し、その情報を位相分布算出回路や振幅分布算出回路に入力して、方位と距離の補正を行うことにより同様の効果を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

なお、本発明が上記各実施例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施例は適宜変更され得ることは明らかである。

【 0 0 3 5 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、複雑な背景の中にある固定した目標、または低速で移動する目標を反射信号の空間的な位相の分布状況により容易に検出すると共に、大きさを推定できるようにしたレーダ画像化信号処理装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例のブロック図である。

【図 2】本発明の利用する現象を説明するために用いた、目標物として平板が置かれている場所から離れた高所に空中線を配置し、仰角方向に空中線ビーム角度で空中線を走査しながら目標からの反射信号を受信する場合の配置図である。

【図 3】本発明の利用する現象を説明するために用いた、空中線放射ビームの位相中心で回転させた場合の、受信した反射信号の相対位相を空中線ビーム角度に対して表したグラフ化した図である。

【図 4】本発明の利用する現象を説明するために用いた、空中線放射ビームの位相中心以外を回転中心として回転させた場合の受信した反射信号の相対位相を空中線ビーム角度に対してグラフ化した図である。

【図 5】本発明の利用する現象を説明するために用いた、実際に小さな直方体形状の建物を図 2 のように計測し、空中線の方位と仰角に対して振幅分布を強度で濃淡を付けてグラフ化した図である。

【図 6】本発明の利用する現象を説明するために用いた、実際に小さな直方体形状の建物を図 2 のように計測し、空中線の方位と仰角に対して相対位相の分布を大きさで濃淡を付けてグラフ化した図である。

【図 7】本発明の他の実施例のブロック図である。

【図 8】本発明の更に他の実施例のブロック図である。

【図 9】本発明の別の実施例のブロック図である。

【符号の説明】

- 1 送信機
- 2 送受切替器
- 3 空中線
- 4 受信機
- 5 位相検出回路
- 6 距離情報検出回路
- 7 方位 / 仰角情報検出回路
- 8 位相分布算出回路
- 9 位相分布変換回路
- 10 相関処理回路
- 11 目標検出回路
- 12 振幅検出回路
- 13 振幅分布算出回路
- 14 振幅分布変換回路
- 15 位相分布 / 振幅分布データベース
- 16 目標類別回路

10

20

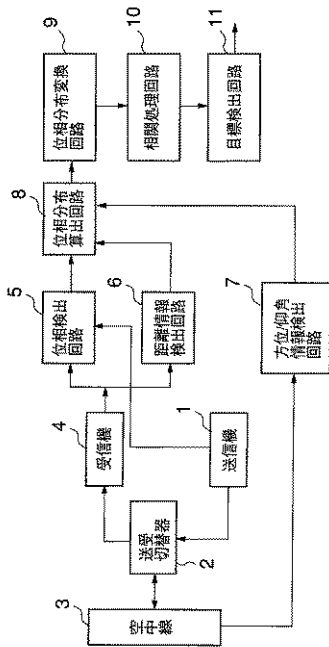
30

40

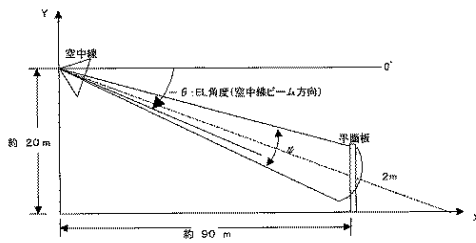
50

- 1 7 位相对方位仰角分布算出回路
- 1 8 位相对方位距離分布算出回路
- 1 9 振幅对方位仰角分布算出回路
- 2 0 振幅对方位距離分布算出回路

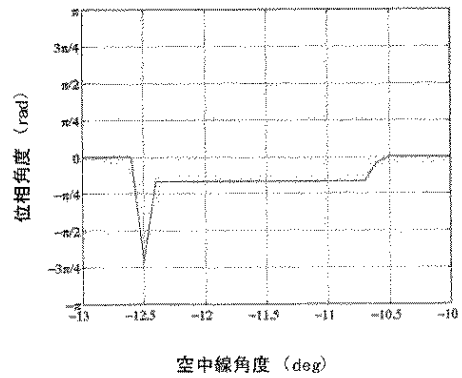
【 図 1 】



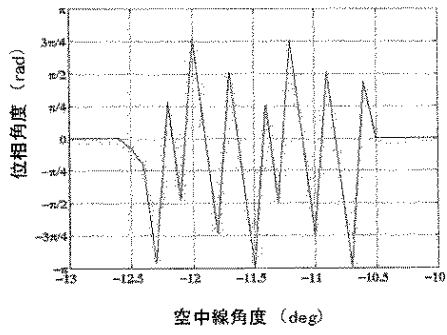
【 図 2 】



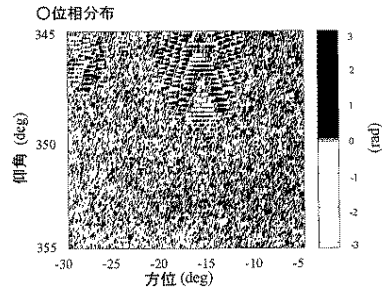
【 図 3 】



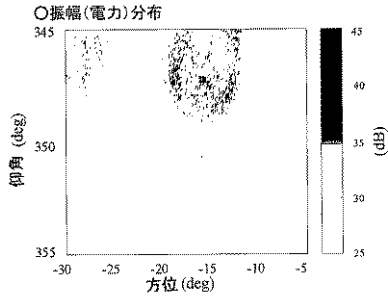
【 図 4 】



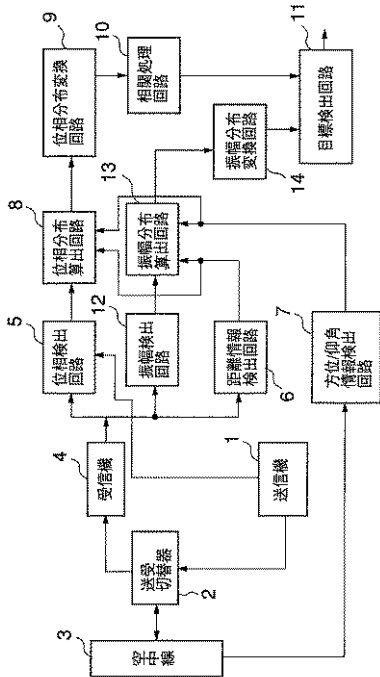
【 図 6 】



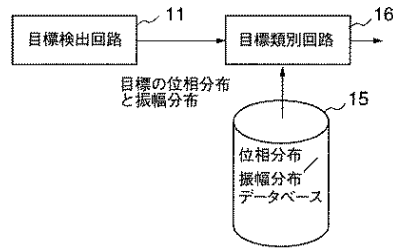
【 図 5 】



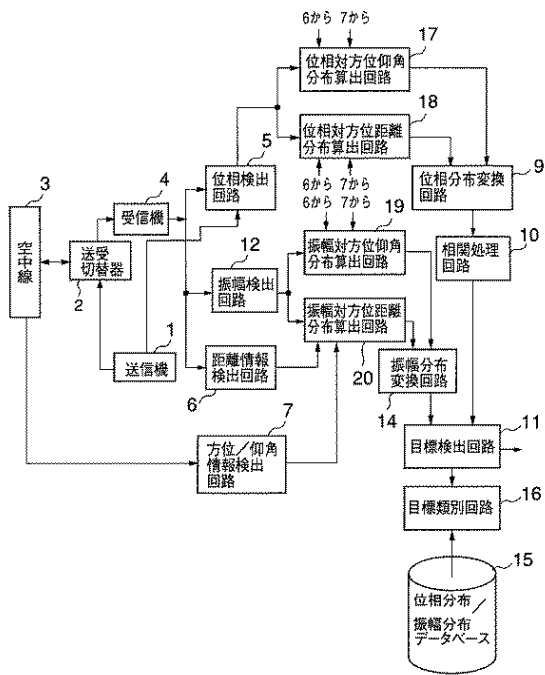
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-062534(JP,A)
特開平07-063839(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01S 7/00-7/42

G01S 13/00-13/95