

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7170948号
(P7170948)

(45)発行日 令和4年11月14日(2022.11.14)

(24)登録日 令和4年11月4日(2022.11.4)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 13/58 (2006.01)

G 0 1 S 13/58 2 0 0

G 0 1 S 13/536 (2006.01)

G 0 1 S 13/536

請求項の数 10 (全11頁)

(21)出願番号	特願2022-541358(P2022-541358)	(73)特許権者	000006013
(86)(22)出願日	令和2年8月4日(2020.8.4)		三菱電機株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/029750		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87)国際公開番号	WO2022/029865	(74)代理人	110003166弁理士法人山王内外特許事務所
(87)国際公開日	令和4年2月10日(2022.2.10)		
審査請求日	令和4年7月15日(2022.7.15)	(72)発明者	磯田 健太郎
早期審査対象出願			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
		審査官	安井 英己

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 信号処理装置、レーダ及びレーダ信号処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

周波数を複数回スweepしてなる送信信号を送信する送信アンテナと、反射信号を受信する受信アンテナとを備えるレーダ用の信号処理装置であって、

前記送信信号の全スweep区間を複数のブロックに分割し、ブロックごとに前記反射信号からなるデータをフーリエ変換しブロック内レンジドップラマップを算出するブロック内FFT部と、

隣り合う前記ブロック間の前記ブロック内レンジドップラマップの差分画像を算出するNCMTI部と、

前記差分画像から移動クラッタを検出する移動クラッタ検出部と、

検出した前記移動クラッタについてのブロック番号、レンジ及びドップラ速度に基づいて、該当する前記ブロックの前記ブロック内レンジドップラマップから前記移動クラッタのデータを削除するデータ削除部と、

前記移動クラッタのデータ削除後の前記ブロック内レンジドップラマップを逆フーリエ変換するブロック内IFFT部と、

前記反射信号からなるデータを、前記逆フーリエ変換した部分は置き換えて、全スweep区間で再度フーリエ変換するスweep区間FFT部とを備えることを特徴とする信号処理装置。

【請求項2】

前記移動クラッタ検出部は、前記移動クラッタが存在した前記差分画像の元ブロックの

ブロック番号と、前記差分画像上の前記移動クラッタの正負情報とに基づいて、前記移動クラッタのデータを削除すべき前記ブロックを特定することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 3】

前記データ削除部は、前記移動クラッタが検出された前記ブロックの前記ブロック内レンジドップラマップにおいて、レンジ及びドップラ速度がともに移動クラッタ検出箇所と一致するデータにあらかじめ決められた値を代入することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 4】

前記データ削除部は、前記移動クラッタが検出された前記ブロックの前記ブロック内レンジドップラマップにおいて、ドップラ速度が移動クラッタ検出箇所と一致するデータにあらかじめ決められた値を代入することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

10

【請求項 5】

前記データ削除部は、前記移動クラッタが検出された前記ブロックの前記ブロック内レンジドップラマップのすべてのデータにあらかじめ決められた値を代入することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 6】

前記あらかじめ決められた値は、0、雑音信号値、又は周囲の平均値であることを特徴とする請求項 3 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の信号処理装置。

【請求項 7】

20

前記ブロックの長さは、使用者によって変更可能であることを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 8】

前記移動クラッタ検出部は、CA-CFAR又はSO-CFARを用いた検出を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の信号処理装置を備えるレーダ。

【請求項 10】

周波数を複数回スweepしてなる送信信号を送信する送信アンテナと、反射信号を受信する受信アンテナとを備えるレーダ用の信号処理装置の信号処理方法であって、前記信号処理装置は、

30

前記送信信号の全スweep区間を複数のブロックに分割し、ブロックごとに前記反射信号からなるデータをフーリエ変換しブロック内レンジドップラマップを算出し、

隣り合う前記ブロック間の前記ブロック内レンジドップラマップの差分画像を算出し、前記差分画像から移動クラッタを検出し、

検出した前記移動クラッタについてのブロック番号、レンジ及びドップラ速度に基づいて、該当する前記ブロックの前記ブロック内レンジドップラマップから前記移動クラッタのデータを削除し、

前記移動クラッタのデータ削除後の前記ブロック内レンジドップラマップを逆フーリエ変換し、

40

前記反射信号からなるデータを、前記逆フーリエ変換した部分は置き換えて、全スweep区間で再度フーリエ変換することを特徴とする信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示技術は、信号処理装置、レーダ及びレーダ信号処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

3～30MHzのHF帯電波を利用したレーダ(以下、「HFレーダ」という)は、海上の各種移動体の観測に応用できることが知られている。

50

【 0 0 0 3 】

非特許文献 1 は、お互いにおよそ 70 km 離れた位置に設置された 2 基の HF レーダシステムを用いて、海上を行き交う船舶及び航空機等の移動体を観測できることを示している。非特許文献 1 に示す HF レーダシステムは、Constant False - Alarm - Rate アルゴリズム（以下「CFAR」という）に従い、レーダ観測信号に基づいて高速移動物体である航空機の観測を行っている。また、非特許文献 1 は、短時間のコヒーレント積分のモードを適用し、8 秒間という短時間のコヒーレント積分モードでのレンジドップラマップ上でも航空機からの反射エコーは観測できることを開示している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

10

【 0 0 0 4 】

【文献】Anna Dzvonkovskaya and Hermann Rohling, "Fast - Moving Target Observation Using High - Frequency Surface Wave Radar", IEEE 2014 International Radar Conference

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

非特許文献 1 では、HF レーダを用いて海上を移動する移動体を観測する技術は開示しているものの、海上を移動する船舶及び航空機といった移動体を自動的に識別することはできなかった。

20

【 0 0 0 6 】

本開示技術は、海上を移動する移動体を自動的に識別することができる信号処理装置、レーダ及びレーダ信号処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本開示に係る信号処理装置は、周波数を複数回スweepしてなる送信信号を送信する送信アンテナと、反射信号を受信する受信アンテナとを備えるレーダ用の信号処理装置であって、前記送信信号の全スweep区間を複数のブロックに分割し、前記ブロックごとに前記反射信号からなるデータをフーリエ変換しブロック内レンジドップラマップを算出するブロック内FFT部と、隣り合う前記ブロック間の前記ブロック内レンジドップラマップの差分画像を算出するNCMTI部と、前記差分画像から移動クラッタを検出する移動クラッタ検出部と、検出した前記移動クラッタについてのブロック番号、レンジ及びドップラ速度に基づいて、該当する前記ブロックの前記ブロック内レンジドップラマップから前記移動クラッタのデータを削除するデータ削除部と、前記移動クラッタのデータ削除後の前記ブロック内レンジドップラマップを逆フーリエ変換するブロック内IFFT部と、前記反射信号からなるデータを、前記逆フーリエ変換した部分は置き換えて、全スweep区間で再度フーリエ変換するスweep区間FFT部とを備える。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

40

本開示に係る信号処理装置によれば、海上の移動体からの反射エコーは、隣り合うブロックのブロック内レンジドップラマップを比較して座標が変化しないものであれば、差分画像において移動クラッタとして検出されない。一方で、反射エコーは、隣り合うブロックのブロック内レンジドップラマップを比較して座標が変化するものであれば、差分画像において移動クラッタとして検出される。移動クラッタの検出有無により、海上を移動する移動体を識別することができる。

【 0 0 0 9 】

例えば、本開示に係る信号処理装置を、船舶探知を目的としたHF レーダに適用すれば、海上にある船舶からの反射エコーは、隣り合うブロックのブロック内レンジドップラマップを比較して座標が変化しないため、差分画像において移動クラッタとして検出されな

50

い。一方で、海上を飛行する航空機からの反射エコーは、隣り合うブロックのブロック内レンジドップラマップを比較して座標が変化するため、差分画像において移動クラッタとして検出される。よって、海上を移動する移動体が船舶か航空機かを自動的に識別することができるHFレーダを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1に係るレーダ装置1の構成ブロック図

【図2】実施の形態1に係る信号処理装置5のハードウェア構成図

【図3】実施の形態1に係るレーダ装置1の動作を示すフローチャート

【図4】実施の形態1に係る移動クラッタ抑圧部520の機能構成を示すブロック図

10

【図5】レンジドップラマップ上での船舶と航空機を表す模式図

【図6】ブロック内レンジドップラマップ上での船舶と航空機を表す模式図

【図7】ブロック内レンジドップラマップの差分画像を表す模式図

【図8】ブロック内レンジドップラマップの符号付き差分画像を表す模式図

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1.

本実施の形態1に係るレーダは、送信アンテナ、受信アンテナを別々のアレイアンテナとして備え、Digital Beam Forming（以下「DBF」）によりビーム走査を行う。また、本レーダは、周波数連続変調方式（以下「FMCW方式」という）のレーダ信号を送信し、海上からの反射信号をフーリエ変換することにより、レンジドップラマップを作成し、海上の移動体を観測する。本実施の形態1に係る信号処理装置は、上記レーダ用の信号処理装置である。

20

【0012】

図1は本開示の実施の形態1に係るレーダ装置1の構成を示すブロック図である。レーダ装置1は、図1に示すように信号生成部20、送受信部30、アンテナ部40、信号処理装置5を備える。

【0013】

信号生成部20は、レーダ信号生成部200を備える。送受信部30は、送信信号生成部300、信号受信部310を備える。アンテナ部40は、送信アンテナ400-1~400-N（Nは送信アンテナ数）、受信アンテナ410-1~410-M（Mは受信アンテナ数）を備える。信号処理装置5は、レンジ圧縮部500、DBF部510、移動クラッタ抑圧部520、スweep区間FFT部530、検出部540を備える。ここで、スweepとは、チャープ信号のように時間とともに周波数を増加又は減少させることをいう。また、1回周波数を掃引する単位も「スweep」を使う。スweep区間とは、信号をスweepさせている時間の区間をいう。

30

【0014】

また、図2は実施の形態1に係る信号処理装置5のハードウェア構成を示す図である。信号処理装置5のレンジ圧縮部500、DBF部510、移動クラッタ抑圧部520、スweep区間FFT部530、検出部540の各機能は、処理回路により実現される。すなわち、信号処理装置5は、レンジデータを生成し、レンジデータをDBFし、移動クラッタを抑圧し、信号をスweep区間でコヒーレント積分すなわちフーリエ変換し、目標を検出することによって、海上を移動する移動体が船舶か航空機かを自動的に識別するための処理回路を備える。処理回路は、メモリ602に格納されるプログラムを実行するプロセッサ601は、CPU、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSP、FPGAである。

40

【0015】

レンジ圧縮部500、DBF部510、移動クラッタ抑圧部520、スweep区間FFT部530、検出部540の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、又はソフトウェアとファームウェアとの組合せにより実現される。必要なソフトウェア及びファームウェア

50

アはプログラムとして記述され、メモリに格納される。処理回路は、メモリに記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、各部の機能を実現する。すなわち、信号処理装置 5 は、処理回路により実行されるときにレンジデータを生成するステップ、レンジデータを D B F するステップ、移動クラッタを抑圧するステップ、信号をスイープ区間でコヒーレント積分すなわちフーリエ変換するステップ、目標を検出するステップが結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 6 0 2 を備える。また、これらのプログラムは、レンジ圧縮部 5 0 0、D B F 部 5 1 0、移動クラッタ抑圧部 5 2 0、スイープ区間 F F T 部 5 3 0、検出部 5 4 0 の手順及び方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。ここで、メモリとは、例えば、R A M、R O M、フラッシュメモリ、E P R O M、E E P R O M 等の不揮発性若しくは揮発性の半導体メモリ、又は磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、D V D 等が該当する。

10

【 0 0 1 6 】

図 3 は、実施の形態 1 に係るレーダ装置 1 の動作を示すフローチャートである。本開示技術の動作は、図 3 を用いて説明する。

【 0 0 1 7 】

レーダ信号生成部 2 0 0 は、F M C W 方式のレーダ信号を生成する (S T 1 0)。F M C W 方式は、周波数を複数回スイープして得られる信号を用いる。次に、送信信号生成部 3 0 0 はレーダ信号を周波数変換して送信信号を生成し、送信アンテナ 4 0 0 - 1 ~ 4 0 0 - N から送信する (S T 2 0)。受信アンテナ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - M は反射信号を受信し、信号受信部 3 1 0 に出力する (S T 3 0)。信号受信部 3 1 0 は、受信した反射信号を、前記送信信号の情報をを用いて周波数変換し、A / D 変換を実施し、A / D 変換を実施して得られた信号 (以下「ビデオ信号」という) を信号処理装置 5 へ出力する (S T 4 0)。

20

【 0 0 1 8 】

信号処理装置 5 は、レンジ圧縮部 5 0 0 において、ビデオ信号をレンジ圧縮し、レンジデータを生成する (S T 5 0)。実施の形態 1 に係るレーダのように F M C W 方式のレーダ信号であれば、レンジ圧縮処理はフーリエ変換を実施する。つまり、レンジ圧縮部 5 0 0 は、ビデオ信号をフーリエ変換しレンジデータを生成する。なお、パルス圧縮レーダの場合、レンジ圧縮処理は、例えば線形チャープ信号を用いたパルス圧縮処理を行えばよい。

30

【 0 0 1 9 】

D B F 部 5 1 0 は、受信アンテナ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - M のアレイデータに基づいて、レンジデータに D B F を実施し、レンジデータを各方向にビームを指向したデータに変換する (S T 6 0)。各方向のデータは、移動クラッタ抑圧部 5 2 0 において移動クラッタが抑圧される (S T 7 0)。本開示技術のポイントである移動クラッタ抑圧部 5 2 0 の詳細処理は、後述する。移動クラッタが抑圧されたデータは、全スイープ区間のデータとともにスイープ区間 F F T 部 5 3 0 においてコヒーレント積分すなわちフーリエ変換され、各方向の補正レンジドップラマップが作成される (S T 8 0)。作成された補正レンジドップラマップから、検出部 5 4 0 において目標の検出が行われる (S T 9 0)。

【 0 0 2 0 】

40

レーダ装置 1 は、送信アンテナ、受信アンテナを別々として説明したが、モノスタティックレーダのように送受信アンテナとしてもよい。また、送信アンテナ、及び受信アンテナは、いくつかの素子アンテナで構成されるサブアレイアンテナであってもよい。ここでは、アンテナは素子アンテナとして説明する。

【 0 0 2 1 】

本開示技術のポイントは、移動クラッタ抑圧部 5 2 0 の処理であり、ここで説明する。図 4 は、移動クラッタ抑圧部 5 2 0 の機能構成を示すブロック図である。移動クラッタ抑圧部 5 2 0 は、ブロック内 F F T 部 5 2 0 - 1、N C M T I 部 5 2 0 - 2、移動クラッタ検出部 5 2 0 - 3、データ削除部 5 2 0 - 4、ブロック内 I F F T 部 5 2 0 - 5 を備える。

【 0 0 2 2 】

50

ブロック内FFT部520-1は、DBF部510からの各方向のデータを、ブロックごとにスイープ方向に、すなわち時間軸方向にフーリエ変換し、ブロックごとのブロック内レンジドップラマップを算出する。ここでブロックとは全スイープ区間をある数で区切った単位である。例えば、全スイープ区間は4096スイープであり、それを128スイープずつに区切った場合、この128スイープは1ブロックとなる。この場合、ブロックの総数は $4096 / 128 = 32$ である。ブロックごとのブロック内レンジドップラマップは、NCMTI部520-2、データ削除部520-4に送られる。本開示技術において、ブロックの長さ、すなわち1ブロックあたりのスイープ回数は使用者が任意に変えることができる。

【0023】

NCMTI部520-2 (NCMTIはNonCoherent Moving Target Indicatorの略)は、前後のブロック間で、ブロック内レンジドップラマップの差分を計算する。つまり、距離番号 a ($a = 1 \sim A$)、ドップラ速度番号 b ($b = 1 \sim B$)、ブロック番号 c ($c = 1 \sim C - 1$)のブロック内レンジドップラマップは、 $RD[a, b, c]$ とする。すると、前後のブロック間の差分 (以下「差分ブロックレンジドップラマップ」という) は、 $RD2[a, b, c] = RD[a, b, c + 1] - RD[a, b, c]$ と表される。ここで、各 $RD[a, b, c]$ は、レーダビームを指向した方向の $[a, b, c]$ における電力値を表しており、複素数である。この複素数で表される電力値にはゲイン情報と位相情報とが含まれる。カラー又はグレイスケールを利用して画像に加工する際は、ゲイン情報である当該複素数の大きさ、すなわち、電力の大きさを利用する。

【0024】

位相情報は考えずにゲイン情報のみに着目し、差分ブロックレンジドップラマップは $RD3[a, b, c] = |RD[a, b, c + 1]| - |RD[a, b, c]|$ であると定義してもよい。ここで $|\cdot|$ は、複素数の大きさ (原点からの距離) を表す。

【0025】

NCMTI部520-2からの出力される差分ブロックレンジドップラマップ ($RD2-1$ 、 $RD2-2$ 、 $RD2-3$) は、移動クラッタ検出部520-3に送られる。移動クラッタ検出部520-3は、送られたすべての差分ブロックレンジドップラマップに対して、レンジ方向 (距離番号 a を $1 \sim A$ まで変化させる方向) 又はドップラ速度方向 (ドップラ速度番号 b を $1 \sim B$ まで変化させる方向) にCFAR (Constant False Alarm Rate) を用いて検出を行う。

【0026】

図5に示すように、船舶を起因としたエコーSTはレンジドップラマップRD上で点状のエコーとして受信される。また、航空機を起因とする高速移動クラッタFTはレンジドップラマップRD上で距離及び速度方向に広がったエコーとして受信される。一方で、図6に示すように、ブロック内レンジドップラマップ ($RD-1$ 、 $RD-2$ 、 $RD-3$ 、 $RD-4$) 上では、船舶に起因したエコー ($ST-1$ 、 $ST-2$ 、 $ST-3$ 、 $ST-4$) はレンジドップラマップRD上と同じように点状に現れる。航空機に起因したエコー ($FT-1$ 、 $FT-2$ 、 $FT-3$ 、 $FT-4$) は、レンジドップラマップRD上とは異なって広がっていない状態でとらえることができる。

【0027】

各ブロック内レンジドップラマップ ($RD-1$ 、 $RD-2$ 、 $RD-3$ 、 $RD-4$) を観察すると、航空機を起因とした高速移動クラッタFTは、レンジとドップラ速度とがそれぞれ変化していることがわかる ($FT-1$ 、 $FT-2$ 、 $FT-3$ 、 $FT-4$)。この性質を利用して、NCMTI部520-2は隣り合うブロック間で差分画像を算出する。算出された差分ブロックレンジドップラマップ ($RD2-1$ 、 $RD2-2$ 、 $RD2-3$) 上では、船舶に起因するエコーSTは現れず、航空機に起因する移動クラッタ ($FT-1$ 、 $FT-2$ 、 $FT-3$ 、 $FT-4$) は現れるため、両者を識別することができる。

【0028】

10

20

30

40

50

航空機に起因する移動クラッタは、図 7 に示すように例えば 1 ブロック目 $RD - 1$ と 2 ブロック目 $RD - 2$ とに別の場所に現れるが、その差分ブロックレンジドップラマップ $RD2 - 1$ 上では 2 か所に現れる。この 2 か所の座標情報、すなわちレンジとドップラ速度の情報のみでは、どちらの移動クラッタが 1 ブロック目のものか、どちらの移動クラッタが 2 ブロック目のものか、判断することができない。

【0029】

そこで、移動クラッタ検出部 520 - 3 は、CFAR により $|RD2[x, y, z]|$ (又は $RD3[x, y, z]$) を検出すると、 $RD[x, y, z]$ 又は $RD[x, y, z + 1]$ に移動クラッタがあると判断する。そして、 $|RD[x, y, z]|$ と $|RD[x, y, z + 1]|$ とを比較して、いずれのブロックに移動クラッタがあったかを判断する。ここで、 $|\cdot|$ は複素数の大きさ、すなわち原点からの距離を表し、 x, y, z はそれぞれ $1 \sim A, 1 \sim B, 1 \sim C - 1$ の或る値を表す。すなわち、移動クラッタ検出部 520 - 3 は、移動クラッタが存在した差分画像の元ブロックのブロック番号と、差分画像上の移動クラッタの正負情報とに基づいて、移動クラッタのデータを削除すべきブロックを特定する。

10

【0030】

データ削除部 520 - 4 は、ブロック内 FFT 部 520 - 1 からのブロック内レンジドップラマップから、移動クラッタ検出部 520 - 3 で検出した移動クラッタを削除する。すなわちレンジ及びドップラ速度がともに前記移動クラッタ検出箇所と一致するデータを削除する。

20

【0031】

ブロック内 IFFT 部 520 - 5 は、データ削除部 520 - 4 から出力されたデータ削除後のレンジドップラマップを、ブロックごとにドップラ方向に逆フーリエ変換し、スイープ軸、すなわち時間軸のデータに変換する。

【0032】

図 8 は、ブロック内レンジドップラマップの符号付き差分画像を表す模式図である。移動クラッタ検出部 520 - 3 は、差分ブロックレンジドップラマップ ($RD2 - 1, RD2 - 2, RD2 - 3$) の電力値の絶対値 $|RD2[x, y, z]|$ (又は $RD3[x, y, z]$) に対して CFAR を実施して移動クラッタを検出する。ここで、移動クラッタ検出部 520 - 3 は $|RD[x, y, z + 1]| - |RD[x, y, z]|$ の正負情報により z と $z + 1$ とのどちらのブロックに移動クラッタが存在するか判断し、その情報をデータ削除部 520 - 4 に出力する。

30

【0033】

移動クラッタの検出は、テストセルの両側を参照セルとし、平均値を求めて比較する方法でもよい。また、移動クラッタの検出は、片側の参照セルそれぞれの平均値を計算し、値の小さい方を閾値の基準とする SO - CFAR (Smallest Order CFAR) を用いてもよい。この場合、移動クラッタのエッジ部分を検出しやすくなるという利点がある。移動クラッタの検出は、ほかに、CA - CFAR (cell - averaging constant false alarm rate) を用いてもよい。

【0034】

40

移動クラッタの削除方法には、いくつかの方法が考えられる。最も単純な方法は、移動クラッタが検出された箇所のデータに 0 を代入する方法である。例えば、距離番号 $a = 10$ 、ドップラ速度番号 $b = 2$ 、ブロック番号 $c = 3$ に移動クラッタが検出された場合、 $RD[10, 2, 3] = 0$ とする方法である。また、移動クラッタが検出された箇所とドップラ速度が等しいデータ全てに 0 を代入する方法も考えられる。具体的な式は、 $RD[10, 1 \sim B, 3] = 0$ となる。また、移動クラッタが検出されたブロックのデータすべてに 0 を代入してもよい。具体的な式は、 $RD[1 \sim A, 1 \sim B, 3] = 0$ となる。また、削除のために代入する値は、0 ではなくあらかじめ計測しておいた雑音信号値としてもよい。また、削除のために代入する値は、周囲のデータの平均値を代入してもよい。具体的な式は、 $RD[10, 2, 3] = (RD[10, 1, 3] + RD[10, 3, 3]) / 2$ 等である。いずれの方法も、移動ク

50

ラッタが検出されたブロック内レンジドップラマップにおいて、移動クラッタが無いようにデータを加工することにより、最終的に得られる補正レンジドップラマップにおいて移動クラッタが無いようにする方法であれば、何でもよい。

【 0 0 3 5 】

スイープ区間 F F T 部 5 3 0 は、ブロック内 I F F T 部 5 2 0 - 5 でレンジ軸 (= 電力信号の振幅) 及びスイープ軸 (= 時間軸) に変換されたデータを含めた全スイープ区間の全データをフーリエ変換し、補正したレンジドップラマップを得る。言い換えれば、スイープ区間 F F T 部 5 3 0 は、反射信号からなるデータを、ブロック内 I F F T 部 5 2 0 - 5 で逆フーリエ変換した部分は置き換えて、全スイープ区間で再度フーリエ変換する。

【 0 0 3 6 】

検出部 5 4 0 は、スイープ区間 F F T 部 5 3 0 で再度フーリエ変換し、補正したレンジドップラマップから、目標検出を行う。本実施の形態の場合、目標検出とは船舶検出である。なお、一般に移動体は船舶及び航空機に限定せず、渡り鳥の群れなども考えられる。

【 0 0 3 7 】

実施の形態 1 に係る信号処理装置 5 は、レンジ圧縮部 5 0 0、D B F 部 5 1 0、移動クラッタ抑圧部 5 2 0、スイープ区間 F F T 部 5 3 0、検出部 5 4 0 を備え、移動クラッタ抑圧部 5 2 0 は、ブロック内 F F T 部 5 2 0 - 1、N C M T I 部 5 2 0 - 2、移動クラッタ検出部 5 2 0 - 3、データ削除部 5 2 0 - 4、ブロック内 I F F T 部 5 2 0 - 5 を備えるため、移動クラッタを検出することができ、移動クラッタの有無により海上を移動する移動体を識別することができるという効果がある。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 8 】

1 レーダ装置、5 信号処理装置、2 0 信号生成部、3 0 送受信部、4 0 アンテナ部、2 0 0 レーダ信号生成部、3 0 0 送信信号生成部、3 1 0 信号受信部、4 0 0 - 1 ~ N 送信アンテナ、4 1 0 - 1 ~ M 受信アンテナ、5 0 0 レンジ圧縮部、5 1 0 D B F 部、5 2 0 移動クラッタ抑圧部、5 2 0 - 1 ブロック内 F F T 部、5 2 0 - 2 N C M T I 部、5 2 0 - 3 移動クラッタ検出部、5 2 0 - 4 データ削除部、5 2 0 - 5 ブロック内 I F F T 部、5 3 0 スイープ区間 F F T 部、5 4 0 検出部、6 0 1 プロセッサ、6 0 2 メモリ、R D レンジドップラマップ、R D - 1 ~ R D - 4 ブロック内レンジドップラマップ、R D 2 - 1 ~ R D 2 - 3 差分ブロックレンジドップラマップ、S T 船舶に起因するエコー、F T 高速移動クラッタ、航空機に起因するエコー。

10

20

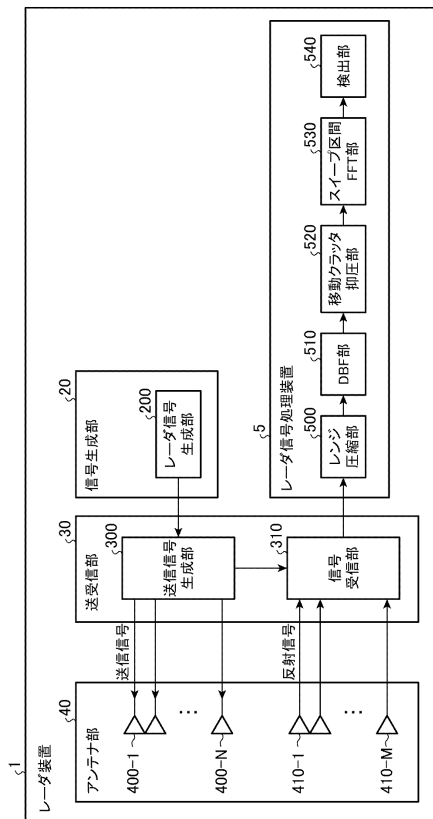
30

40

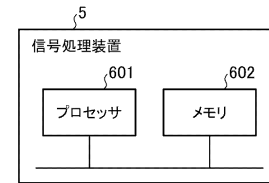
50

【図面】

【図 1】



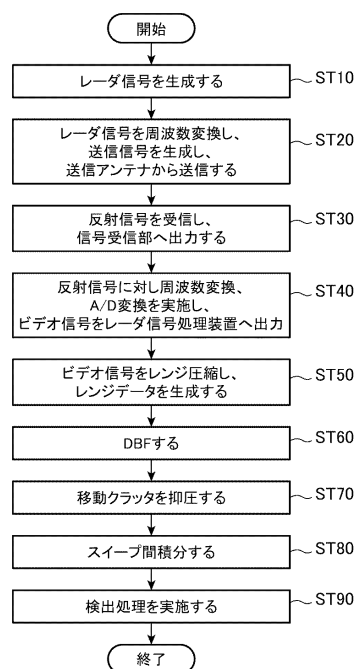
【図 2】



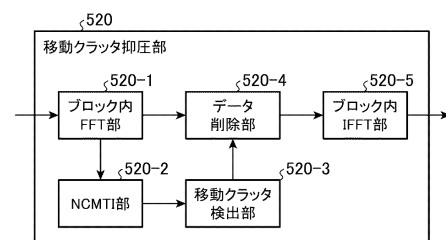
10

20

【図 3】



【図 4】

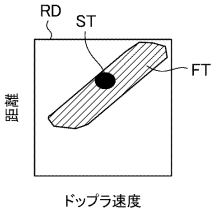


30

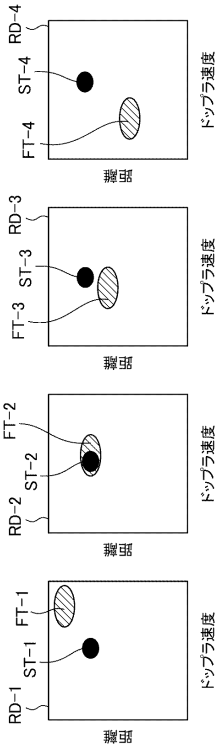
40

50

【図 5】



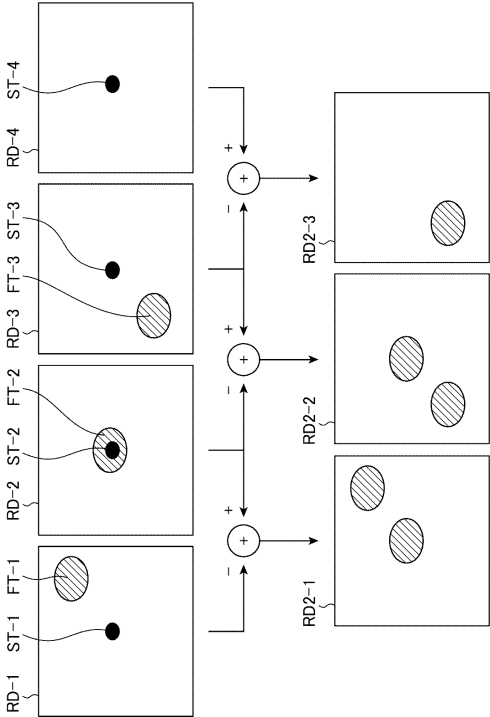
【図 6】



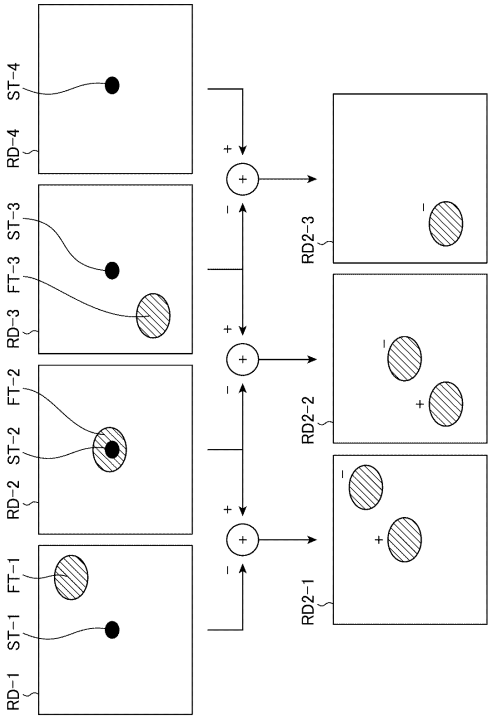
10

20

【図 7】



【図 8】



30

40

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 2 3 0 2 8 4 (J P , A)
 特開 2 0 2 1 - 0 9 9 2 4 4 (J P , A)
 特開 2 0 1 6 - 1 7 0 0 2 3 (J P , A)
 特表 2 0 0 5 - 5 2 0 1 6 1 (J P , A)
 米国特許第 5 4 1 6 4 8 8 (U S , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 2 5 4 8 9 3 (U S , A 1)
 Dzvonkovskaya, Anna et al. , Fast-Moving Target Observation Using High-Frequency Surface Wave Radar , 2014 International Radar Conference , 米国 , IEEE , 2015年03月16日 , p. 1-4 , Date of Conference:13-17 October 2014, Conference Location:Lille, France
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 G 0 1 S 7 / 0 0 - 7 / 4 2 ,
 G 0 1 S 1 3 / 0 0 - 1 3 / 9 5