

(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
2021年11月25日(25.11.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/234906 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/90 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/020111
- (22) 国際出願日: 2020年5月21日(21.05.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:堀内 亮吾 (HORIUCHI, Ryogo); 〒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).

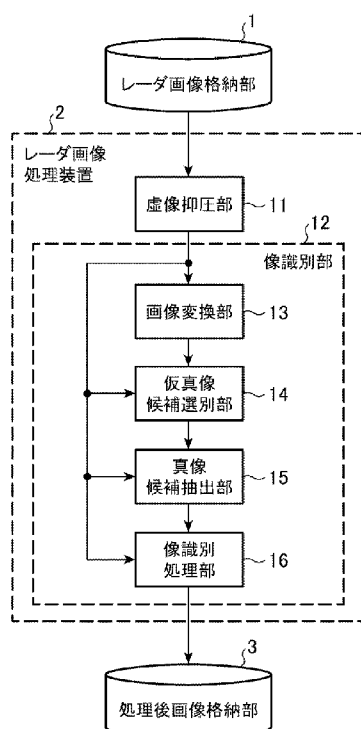
大石 昇 (OISHI, Noboru); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人山王内外特許事務所 (SANNO PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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,

(54) **Title:** RADAR IMAGE PROCESSING DEVICE, RADAR IMAGE PROCESSING METHOD, AND RADAR IMAGE PROCESSING PROGRAM

(54) 発明の名称: レーダ画像処理装置、レーダ画像処理方法及びレーダ画像処理プログラム



- 1... Radar image storage unit
2... Radar image processing device
3... Processed image storage unit
11... Virtual image suppression unit
12... Image identification unit
13... Image conversion unit
14... Temporary true image candidate selection unit
15... True image candidate extraction unit
16... Image identification processing unit

(57) **Abstract:** A radar image processing device (2) is configured so as to comprise: a virtual image suppression unit (11) which suppresses a virtual image included in a radar image by performing compression sensing processing on the radar image; and an image identification unit (12) that performs a Fourier transform on the radar image, for which the virtual image has been suppressed by the virtual suppression unit (11), in the azimuth axis direction of the radar image to thereby calculate a signal spectrum of a true image candidate included in the virtual image-suppressed radar image,

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

and if the angle of the signal spectrum with respect to the Doppler frequency axis in the virtual image-suppressed radar image is less than a first threshold, the image identification unit determines that the true image candidate is a true image, and if the angle of the signal spectrum is the first threshold or greater, the image identification unit determines that the true image candidate is a virtual image.

(57) 要約：レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する虚像抑圧部（11）と、虚像抑圧部（11）による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度が第1の閾値よりも小さければ、真像候補が真像であると判定し、信号スペクトルの角度が第1の閾値以上であれば、真像候補が虚像であると判定する像識別部（12）とを備えるように、レーダ画像処理装置（2）を構成した。

明 細 書

発明の名称：

レーダ画像処理装置、レーダ画像処理方法及びレーダ画像処理プログラム 技術分野

[0001] 本開示は、レーダ画像処理装置、レーダ画像処理方法及びレーダ画像処理プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 人工衛星、又は、航空機等の移動体に搭載されている合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar）から得られるレーダ画像は、合成開口レーダから観測対象までの距離を表すレンジ軸と、レンジ軸と直交する方向であるアジマス軸との空間を表す画像である。合成開口レーダは、送信パルスの繰り返し周波数（PRF：Pulse Repetition Frequency）が低いほど、より広域のレーダ画像を得ることができる。しかし、PRFが低いために、エイリアシングを生じることがある。エイリアシングが生じることによって、アジマスアンビギュイティと呼ばれる虚像がレーダ画像上に発生する。虚像がレーダ画像上に発生することによって、レーダ画像に映っている目標の検出精度が劣化する。

[0003] 以下の非特許文献1には、レーダ画像をアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、レーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出するレーダ画像処理装置が開示されている。当該レーダ画像処理装置は、信号スペクトルの形状に基づいて、真像候補が、目標を示す真像であるのか、虚像であるのかを識別している。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：Hiroaki Fujihara他 著、「Target and Ambiguity Discrimination Using Doppler Spectrum from Low PRF SAR

Image] International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2019, pp. 2233-2235

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献1に開示されているレーダ画像処理装置では、レーダ画像に雑音成分が含まれている場合、雑音成分の影響で、算出した信号スペクトルの形状が、正しい形状と異なってしまうことがある。信号スペクトルの形状が、正しい形状と異なることによって、真像候補が、真像であるのか、虚像であるのかの識別結果に誤りが生じてしまうことがあるという課題があった。

[0006] 本開示は、上記のような課題を解決するためになされたもので、レーダ画像に雑音成分が含まれていても、真像候補が、真像であるのか、虚像であるのかを識別することができるレーダ画像処理装置、レーダ画像処理方法及びレーダ画像処理プログラムを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示に係るレーダ画像処理装置は、レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する虚像抑圧部と、虚像抑圧部による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度が第1の閾値よりも小さければ、真像候補が真像であると判定し、信号スペクトルの角度が第1の閾値以上であれば、真像候補が虚像であると判定する像識別部とを備えているものである。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、レーダ画像に雑音成分が含まれていても、真像候補が、真像であるのか、虚像であるのかを識別することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態 1 に係るレーダ画像処理装置を示す構成図である。

[図2]実施の形態 1 に係るレーダ画像処理装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

[図3]レーダ画像処理装置 2 が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

[図4]実施の形態 1 に係るレーダ画像処理装置 2 の処理手順であるレーダ画像処理方法を示すフローチャートである。

[図5]像識別処理部 1 6 の処理手順を示すフローチャートである。

[図6]レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像を示す説明図、図 6 B は、虚像抑圧部 1 1 による虚像抑圧後のレーダ画像を示す説明図である。

[図7]仮真像候補選別部 1 4 による誤検出像の破棄処理を示す説明図である。

[図8]図 8 A は、4 つの仮真像候補 (1) ~ (4) が含まれている 2 値化画像を示す説明図、図 8 B は、4 つの仮真像候補 (1) ~ (4) のそれぞれに含まれている複数の画素の中で、最も大きな電力を有する画素を示す説明図、図 8 C は、仮真像候補選別部 1 4 により破棄されずに残っている仮真像候補 (1) ~ (3) を示す説明図である。

[図9]図 9 A は、虚像抑圧部 1 1 による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像の一例を示す説明図、図 9 B は、虚像抑圧部 1 1 による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている虚像の一例を示す説明図である。

[図10]図 1 0 A は、真像がアジマス軸方向にフーリエ変換されることによって算出された真像の信号スペクトルの一例を示す説明図、図 1 0 B は、虚像がアジマス軸方向にフーリエ変換されることによって算出された虚像の信号スペクトルの一例を示す説明図である。

[図11]図 1 1 A は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像に含まれている真像を示す説明図、図 1 1 B は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像に含まれている虚像を示す説明図、図 1 1 C は、虚

像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像を示す説明図、図 11D は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている虚像を示す説明図である。

[図12]図 12A は、虚像抑圧部 11 による虚像の抑圧処理が行われていないレーダ画像（図 11A に示すレーダ画像）に含まれている真像の信号スペクトルを示す説明図、図 12B は、虚像抑圧部 11 による虚像の抑圧処理が行われていないレーダ画像（図 11B に示すレーダ画像）に含まれている虚像の信号スペクトルを示す説明図、図 12C は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像（図 11C に示すレーダ画像）に含まれている真像の信号スペクトルを示す説明図、図 12D は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像（図 11D に示すレーダ画像）に含まれている虚像の信号スペクトルを示す説明図である。

[図13]実施の形態 2 に係るレーダ画像処理装置を示す構成図である。

[図14]実施の形態 2 に係るレーダ画像処理装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示をより詳細に説明するために、本開示を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

[0011] 実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 に係るレーダ画像処理装置 2 を示す構成図である。

図 2 は、実施の形態 1 に係るレーダ画像処理装置 2 のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

レーダ画像格納部 1 は、例えば、第 1 の記憶回路によって実現される。

レーダ画像格納部 1 は、合成開口レーダから出力されたレーダ画像を記憶している。

図 1 に示すレーダ画像処理装置 2 では、レーダ画像格納部 1 が、レーダ画像処理装置 2 の外部に設けられている。しかし、これは一例に過ぎず、レーダ画像格納部 1 が、レーダ画像処理装置 2 の内部に設けられていてもよい。

図1に示すレーダ画像処理装置2では、合成開口レーダが移動体に搭載され、レーダ画像格納部1、レーダ画像処理装置2及び処理後画像格納部3が、地上局に搭載されており、合成開口レーダからレーダ画像がレーダ画像格納部1に転送されることを想定している。しかし、これは一例に過ぎず、レーダ画像格納部1及びレーダ画像処理装置2についても、移動体に搭載されており、レーダ画像処理装置2から虚像除去後のレーダ画像が処理後画像格納部3に転送されるものであってもよい。

[0012] レーダ画像処理装置2は、虚像抑圧部11及び像識別部12を備えている。

レーダ画像処理装置2は、レーダ画像格納部1により記憶されているレーダ画像に映っている像が、真像であるのか、虚像であるのかを識別する。

レーダ画像処理装置2は、レーダ画像に映っている虚像を除去し、虚像除去後のレーダ画像を処理後画像格納部3に出力する。

[0013] 処理後画像格納部3は、例えば、第2の記憶回路によって実現される。

処理後画像格納部3は、レーダ画像処理装置2から出力された虚像除去後のレーダ画像を格納する。

図1に示すレーダ画像処理装置2では、処理後画像格納部3が、レーダ画像処理装置2の外部に設けられている。しかし、これは一例に過ぎず、処理後画像格納部3が、レーダ画像処理装置2の内部に設けられていてもよい。

[0014] 第1の記憶回路及び第2の記憶回路は、例えば、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)等の不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、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、あるいは、DVD(Digital Versatile Disc)が該当する。

[0015] 虚像抑圧部 11 は、例えば、図 2 に示す虚像抑圧回路 21 によって実現される。

虚像抑圧部 11 は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像を取得する。

虚像抑圧部 11 は、レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する。

虚像抑圧部 11 は、虚像抑圧後のレーダ画像を像識別部 12 に出力する。

[0016] 像識別部 12 は、画像変換部 13、仮真像候補選別部 14、真像候補抽出部 15 及び像識別処理部 16 を備えている。

像識別部 12 は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出する。

像識別部 12 は、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度が第 1 の閾値よりも小さければ、真像候補が真像であると判定する。

像識別部 12 は、信号スペクトルの角度が第 1 の閾値以上であれば、真像候補が虚像であると判定する。

[0017] 画像変換部 13 は、例えば、図 2 に示す画像変換回路 22 によって実現される。

画像変換部 13 は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像を取得する。

画像変換部 13 は、虚像抑圧後のレーダ画像を 2 値化画像に変換し、2 値化画像を仮真像候補選別部 14 に出力する。

[0018] 仮真像候補選別部 14 は、例えば、図 2 に示す仮真像候補選別回路 23 によって実現される。

仮真像候補選別部 14 は、画像変換部 13 から出力された 2 値化画像の中で、1 の画素値を有する画素が集まっている、1 つ以上の画素群のそれぞれを仮真像候補として特定する。

仮真像候補選別部 14 は、特定した仮真像候補のうち、含んでいる画素の数が第 2 の閾値よりも少ない仮真像候補を破棄する。第 2 の閾値は、仮真像候補選別部 14 の内部メモリに格納されていてもよいし、レーダ画像処理装置 2 の外部から与えられるものであってもよい。

仮真像候補選別部 14 は、破棄せずに残っている仮真像候補を真像候補抽出部 15 に出力する。

[0019] 真像候補抽出部 15 は、例えば、図 2 に示す真像候補抽出回路 24 によって実現される。

真像候補抽出部 15 は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像を取得する。

真像候補抽出部 15 は、虚像抑圧後のレーダ画像から、仮真像候補選別部 14 により破棄されないで残っている仮真像候補と画素位置が同じ画素群を真像候補として抽出する。

[0020] 像識別処理部 16 は、例えば、図 2 に示す像識別処理回路 25 によって実現される。

像識別処理部 16 は、真像候補抽出部 15 により抽出された真像候補をアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、真像候補の信号スペクトルを算出する。

像識別処理部 16 は、真像候補の信号スペクトルをハフ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度を算出する。

像識別処理部 16 は、信号スペクトルの角度が第 1 の閾値よりも小さければ、真像候補が真像であると判定する。

像識別処理部 16 は、信号スペクトルの角度が第 1 の閾値以上であれば、真像候補が虚像であると判定する。第 1 の閾値は、像識別処理部 16 の内部メモリに格納されていてもよいし、レーダ画像処理装置 2 の外部から与えられるものであってもよい。

像識別処理部 16 は、虚像抑圧後のレーダ画像に映っている虚像を除去し

、虚像除去後のレーダ画像を処理後画像格納部 3 に出力する。

[0021] 図 1 では、レーダ画像処理装置 2 の構成要素である虚像抑圧部 1 1、画像変換部 1 3、仮真像候補選別部 1 4、真像候補抽出部 1 5 及び像識別処理部 1 6 のそれぞれが、図 2 に示すような専用のハードウェアによって実現されるものを想定している。即ち、レーダ画像処理装置 2 が、虚像抑圧回路 2 1、画像変換回路 2 2、仮真像候補選別回路 2 3、真像候補抽出回路 2 4 及び像識別処理回路 2 5 によって実現されるものを想定している。

虚像抑圧回路 2 1、画像変換回路 2 2、仮真像候補選別回路 2 3、真像候補抽出回路 2 4 及び像識別処理回路 2 5 のそれぞれは、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0022] レーダ画像処理装置 2 の構成要素は、専用のハードウェアによって実現されるものに限るものではなく、レーダ画像処理装置 2 が、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み合わせによって実現されるものであってもよい。

ソフトウェア又はファームウェアは、プログラムとして、コンピュータのメモリに格納される。コンピュータは、プログラムを実行するハードウェアを意味し、例えば、CPU (Central Processing Unit)、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、プロセッサ、あるいは、DSP (Digital Signal Processor) が該当する。

[0023] 図 3 は、レーダ画像処理装置 2 が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

レーダ画像処理装置 2 が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合、虚像抑圧部 1 1、画像変換部 1 3、仮真像候補選別部 1 4、

真像候補抽出部 15 及び像識別処理部 16 におけるそれぞれの処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムがメモリ 31 に格納される。そして、コンピュータのプロセッサ 32 がメモリ 31 に格納されているプログラムを実行する。

[0024] また、図 2 では、レーダ画像処理装置 2 の構成要素のそれぞれが専用のハードウェアによって実現される例を示し、図 3 では、レーダ画像処理装置 2 がソフトウェア又はファームウェア等によって実現される例を示している。しかし、これは一例に過ぎず、レーダ画像処理装置 2 における一部の構成要素が専用のハードウェアによって実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェア等によって実現されるものであってもよい。

[0025] 次に、図 1 に示すレーダ画像処理装置 2 の動作について説明する。

図 4 は、実施の形態 1 に係るレーダ画像処理装置 2 の処理手順であるレーダ画像処理方法を示すフローチャートである。

図 5 は、像識別処理部 16 の処理手順を示すフローチャートである。

[0026] 虚像抑圧部 11 は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像を取得する。

レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像には、図 6 A に示すように、焦点の合っている目標の真像と、焦点が合わずにぼけている虚像とが映っている。

図 6 A は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像を示す説明図である。

図 6 A に示すレーダ画像は、アジマス軸とレンジ軸との空間を表す画像である。

[0027] 虚像抑圧部 11 は、図 6 A に示すレーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する（図 4 のステップ S T 1）。

圧縮センシング処理は、レーダ画像が疎であると仮定し、低 P R F で撮像された際の合成開口レーダの受信信号から、通常の P R F で撮像された際の

合成開口レーダの受信信号を復元する処理である。圧縮センシング処理によって復元された合成開口レーダの受信信号から算出されるレーダ画像は、虚像抑圧後のレーダ画像に相当する。

低PRFは、目標のドップラ周波数よりも低い周波数であり、通常のPRFは、目標のドップラ周波数よりも高い周波数である。レーダ画像が疎とは、レーダ画像が、電力がゼロの画素を含んでいることを意味する。

虚像抑圧部11は、虚像抑圧後のレーダ画像を像識別部12に出力する。

図6Bは、虚像抑圧部11による虚像抑圧後のレーダ画像を示す説明図である。

虚像抑圧後のレーダ画像には、図6Bに示すように、電力が抑圧された虚像が映っている。それぞれの虚像に対する抑圧量は、様々であり、虚像抑圧後のレーダ画像には、図6Bに示すように、電力が十分に抑圧されている虚像のほか、電力が十分に抑圧されずに残っている虚像がある。

なお、虚像抑圧部11による虚像の抑圧処理により、レーダ画像に含まれている雑音成分も抑圧される。

[0028] 像識別部12の画像変換部13は、虚像抑圧部11による虚像抑圧後のレーダ画像を取得する。

画像変換部13は、虚像抑圧後のレーダ画像を2値化画像に変換し、2値化画像を仮真像候補選別部14に出力する（図4のステップST2）。

即ち、画像変換部13は、虚像抑圧後のレーダ画像に対するCFAR（Constant False Alarm Rate）処理を実施することにより、レーダ画像に含まれているそれぞれの画素に対応する行列要素を有する閾値行列を算出する。

閾値行列に含まれているそれぞれの行列要素の値は、レーダ画像に含まれている複数の画素のうち、当該行列要素と対応している画素の電力が、電力閾値よりも大きければ1、電力閾値以下であれば0である。CFAR処理自体は、公知の技術であるため詳細な説明を省略する。

画像変換部13は、閾値行列を2値化画像として、仮真像候補選別部14

に出力する。２値化画像についても、レーダ画像と同様に、アジマス軸とレンジ軸との空間を表す画像である。

[0029] 虚像抑圧部１１によって、レーダ画像に含まれている虚像が抑圧されている。しかし、虚像抑圧部１１による虚像の抑圧処理が原因で、真像及び虚像のそれぞれと異なる像（以下、「誤検出像」と称する）が発生することがある。誤検出像が発生することによって、２値化画像にも誤検出像が含まれる。誤検出像の大きさは、真像の大きさと比べて微小である。

仮真像候補選別部１４は、以下に示すように、２値化画像に含まれている誤検出像を除去する処理を行う。

[0030] 仮真像候補選別部１４は、画像変換部１３から出力された２値化画像の中で、１の画素値を有する画素が集まっている、１つ以上の画素群のそれぞれを仮真像候補として特定する（図４のステップＳＴ３）。

[0031] 仮真像候補選別部１４は、それぞれの仮真像候補に含まれている画素の数を計数する。

仮真像候補選別部１４は、図７に示すように、仮真像候補に含まれている画素の数が第２の閾値よりも少なければ、当該仮真像候補が誤検出像であると判定して、当該仮真像候補を破棄する（図４のステップＳＴ４）。

仮真像候補選別部１４は、図７に示すように、仮真像候補に含まれている画素の数が第２の閾値以上であれば、当該仮真像候補が誤検出像ではないと判定して、当該仮真像候補を破棄しない。

第２の閾値としては、例えば、レーダ画像に映る可能性がある目標の中で、想定される最小の目標の真像に含まれる画素の数が設定される。

図７は、仮真像候補選別部１４による誤検出像の破棄処理を示す説明図である。

図７において、左側の２値化画像は、誤検出像の破棄が行われる前の２値化画像であり、右側の２値化画像は、誤検出像の破棄が行われた後の２値化画像である。

[0032] 仮真像候補選別部１４により破棄されずに残っている仮真像候補の中には

、1つの目標についての仮真像候補が2つ含まれてしまっていることがある。即ち、1つの目標には、本来、1つの仮真像候補が現れる。しかし、画像変換部13でのCFAR処理によって、1つの目標についての仮真像候補が、2つに分かれてしまっていることがある。したがって、2つに分かれてしまっている仮真像候補のうち、一方の仮真像候補は、破棄する必要がある。

残っている仮真像候補のうち、互いに隣り合っている2つの仮真像候補の距離が近い場合、互いに隣り合っている2つの仮真像候補は、1つの目標についての仮真像候補が、2つに分かれてしまっているものである可能性が高い。

仮真像候補選別部14は、残っている仮真像候補の中で、互いに隣り合っている2つの仮真像候補の距離を算出する。2つの仮真像候補の距離を算出する処理自体は、公知の技術であるため詳細な説明を省略する。

[0033] 仮真像候補選別部14は、残っている仮真像候補の中で、互いに隣り合っている2つの仮真像候補の距離 L が第3の閾値よりも短ければ、2つの仮真像候補のうち、いずれかの仮真像候補を破棄する。第3の閾値は、仮真像候補選別部14の内部メモリに格納されていてもよいし、レーダ画像処理装置2の外部から与えられるものであってもよい。

以下、仮真像候補選別部14によるいずれかの仮真像候補の破棄処理を具体的に説明する。

[0034] 仮真像候補選別部14は、虚像抑圧部11による虚像抑圧後のレーダ画像を取得する。

仮真像候補選別部14は、虚像抑圧後のレーダ画像から、2つの仮真像候補のうち、一方の仮真像候補と画素位置が同じ画素群を抽出する。

仮真像候補選別部14は、抽出した画素群を構成している複数の画素の電力 P_1 を互いに比較することによって、最も大きな電力 $P_{1,max}$ を特定する。

また、仮真像候補選別部14は、虚像抑圧後のレーダ画像から、2つの仮真像候補のうち、他方の仮真像候補と画素位置が同じ画素群を抽出する。

[0035] 仮真像候補選別部14は、抽出した画素群を構成している複数の画素の電

力 P_2 を互いに比較することによって、最も大きな電力 $P_{2, \max}$ を特定する。

仮真像候補選別部14は、特定した電力 $P_{1, \max}$ と、特定した電力 $P_{2, \max}$ とを比較し、電力 $P_{1, \max}$ が電力 $P_{2, \max}$ 以上であれば、一方の仮真像候補を残して、他方の仮真像候補を破棄する。

仮真像候補選別部14は、電力 $P_{1, \max}$ が電力 $P_{2, \max}$ よりも小さければ、他方の仮真像候補を残して、一方の仮真像候補を破棄する。

仮真像候補選別部14は、破棄せずに残っている仮真像候補を真像候補抽出部15に出力する。

[0036] 図8は、仮真像候補選別部14によるいずれかの仮真像候補の破棄処理を示す説明図である。

図8Aは、4つの仮真像候補(1)～(4)が含まれている2値化画像を示している。

図8Aに示す2値化画像では、仮真像候補(1)と仮真像候補(2)との距離が L_{1-2} 、仮真像候補(1)と仮真像候補(3)との距離が L_{1-3} 、仮真像候補(1)と仮真像候補(4)との距離が L_{1-4} である。

仮真像候補(2)と仮真像候補(3)との距離が L_{2-3} 、仮真像候補(2)と仮真像候補(4)との距離が L_{2-4} である。仮真像候補(3)と仮真像候補(4)との距離が L_{3-4} である。

図8Aに示す2値化画像では、距離 L_{1-2} 、距離 L_{1-3} 及び距離 L_{1-4} のいずれも、第3の閾値以上である。また、距離 L_{2-3} 及び距離 L_{2-4} のいずれも、第3の閾値以上である。距離 L_{3-4} は、第3の閾値よりも短い。

[0037] 図8Bは、4つの仮真像候補(1)～(4)のそれぞれに含まれている複数の画素の中で、最も大きな電力を有する画素を示している。

図8Cは、仮真像候補選別部14により破棄されずに残っている仮真像候補(1)～(3)を示している。

図8Cの例では、距離 L_{3-4} が第3の閾値よりも短く、仮真像候補(4)が有する画素の最大電力が、仮真像候補(3)が有する画素の最大電力よりも小さいために、仮真像候補(4)が破棄されている。

[0038] 真像候補抽出部 15 は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像を取得する。

真像候補抽出部 15 は、虚像抑圧後のレーダ画像から、仮真像候補選別部 14 により破棄されないで残っている仮真像候補と画素位置が同じ画素群を真像候補として抽出する（図 4 のステップ S T 5）。

図 1 に示すレーダ画像処理装置 2 では、真像候補抽出部 15 が、虚像抑圧後のレーダ画像から、仮真像候補と画素位置が同じ画素群を真像候補として抽出している。しかし、これは一例に過ぎず、真像候補抽出部 15 は、仮真像候補に含まれている複数の画素の中で、最大の電力を有する画素を特定し、虚像抑圧後のレーダ画像から、特定した画素を含む周辺領域と画素位置が同じ画素群を真像候補として抽出するようにしてもよい。ただし、当該画素を含む周辺領域は、仮真像候補の全てを含む領域であるものとする。

[0039] 像識別処理部 16 は、真像候補抽出部 15 により抽出された真像候補をアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、真像候補の信号スペクトルを算出する（図 5 のステップ S T 11）。

合成開口レーダでは、一般的に、方位分解能を高めるため、受信信号を積分する。受信信号の積分時間内に、レーダ装置と目標との距離変化であるレンジマイグレーション R が合成開口レーダの距離分解能を超えると、レーダ画像が劣化する。したがって、レーダ画像処理装置 2 が、例えば、レーダ画像を再生する際に、レンジマイグレーション R を補正する信号処理を行う。

レンジマイグレーション R は、以下の式（1）のように表される。

[0040]

$$R(R_0, f_\eta) = \frac{R_0}{\sqrt{1 - \frac{\lambda^2 f_\eta^2}{4V_r}}} \quad (1)$$

式（1）において、 R_0 は、合成開口レーダの観測領域に存在している目標と合成開口レーダとの最接近時の距離である。

λ は、合成開口レーダから放射されるレーダ信号である電波の波長、 f_η は、ドップラ周波数、 V_r は、合成開口レーダ本体の実効速度である。

[0041] 真像は、レンジマイグレーション $R(R_0, f_\eta)$ が補正されている。このため、レーダ画像をアジマス軸方向にフーリエ変換することによって得られる空間、即ち、ドップラ周波数軸とレンジ軸とによって表される空間において、真像の信号スペクトルは、同一のレンジビンに並ぶ。

一方、虚像は、レンジマイグレーション $R(R_0, f_\eta)$ が補正されても、虚像には、以下の式(2)に示すレンジマイグレーション $R_{\text{residual}}(f_\eta)$ が残存する。

$$R_{\text{Residual}}(f_\eta) = R_a(R'_0, f_\eta + n f_{\text{PRF}}) - R(R_0, f_\eta) \quad (2)$$

式(2)において、 R_a は、虚像自体が有するレンジマイグレーションである。

R'_0 は、合成開口レーダの観測領域外の虚像となる反射点と合成開口レーダとの最接近時の距離である。

n は、虚像のエイリアシングの回数、 f_{PRF} は、PRFである。

[0042] 距離 R'_0 については、正確に計算することができないが、以下の式(3)のように近似することができる。

$$R'_0 = R_0 \cos(\theta_n) \quad (3)$$

式(3)において、 θ_n は、合成開口レーダの本体を中心とする、目標の真像と虚像がなす角度であり、合成開口レーダの観測領域幅に相当するドップラ周波数とPRFとの関係から求まる。

[0043] レンジマイグレーション $R(R_0, f_\eta)$ が補正されることによって、例えば、図9Aに示す真像には、式(2)で表されるレンジマイグレーション $R_{\text{residual}}(f_\eta)$ が残存しない。このため、図9Aに示す真像の信号スペクトルは、図10Aに示すように、ドップラ周波数軸と平行になる。

レンジマイグレーション $R(R_0, f_\eta)$ の補正後であっても、例えば、図9Bに示す虚像には、式(2)で表されるレンジマイグレーション $R_{\text{residual}}(f_\eta)$ が残存する。このため、図9Bに示す虚像の信号スペクトルは、図

10Bに示すように、ドップラ周波数軸に対して斜めになる。

[0044] 図9Aは、虚像抑圧部11による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像の一例を示す説明図である。

図9Bは、虚像抑圧部11による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている虚像の一例を示す説明図である。

図10Aは、真像がアジマス軸方向にフーリエ変換されることによって算出された真像の信号スペクトルの一例を示す説明図である。

図10Bは、虚像がアジマス軸方向にフーリエ変換されることによって算出された虚像の信号スペクトルの一例を示す説明図である。

図10A及び図10Bから明らかなように、真像の信号スペクトルの形状と、虚像の信号スペクトルの形状とが異なっている。

虚像抑圧部11によって、低PRFで撮像されたレーダ画像に含まれている虚像の抑圧処理が行われても、図10Aに示すように、真像の信号スペクトルに関する形状の特徴は失われていない。また、図10Bに示すように、虚像の信号スペクトルに関する形状の特徴は失われていない。

[0045] 次に、像識別処理部16は、真像候補の信号スペクトルを移動平均することによって、信号スペクトルを平滑化する。

像識別処理部16は、真像候補の信号スペクトルを同一画像内に収めるため、平滑化後の信号スペクトルの中で、電力が最も低いアジマス軸方向のセルを検出する。そして、像識別処理部16は、検出したセルを、信号スペクトルの端の位置に移動させるため、平滑化後の信号スペクトルに含まれている画素をアジマス方向に循環シフトする（図5のステップST12）。

像識別処理部16が、平滑化後の信号スペクトルの画素をアジマス方向に循環シフトすることにより、目標の形状又は空間分布等の影響が軽減される。

[0046] 次に、像識別処理部16は、循環シフト後の真像候補の信号スペクトルをハフ変換することによって、レーダ画像のドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度 α を算出する（図5のステップST13）。信号スペクトル

をハフ変換することによる角度 α の算出処理自体は、公知の技術であるため詳細な説明を省略する。

虚像抑圧部 11 による虚像の抑圧処理によって、レーダ画像に含まれている雑音成分も抑圧されているため、虚像抑圧部 11 による虚像の抑圧処理が行われていない場合と比べて、像識別処理部 16 による信号スペクトルの角度算出精度が向上する。

また、信号スペクトルの画素を循環シフトしているため、循環シフトしていない場合と比べて、像識別処理部 16 による信号スペクトルの角度算出精度が向上する。

[0047] 図 11A は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像に含まれている真像を示す説明図である。

図 11B は、レーダ画像格納部 1 により記憶されているレーダ画像に含まれている虚像を示す説明図である。

図 11A に示すレーダ画像には、真像のほかに、雑音成分が含まれている。また、図 11B に示すレーダ画像には、虚像のほかに、雑音成分が含まれている。

図 11C は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像を示す説明図である。

図 11D は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている虚像を示す説明図である。

虚像抑圧部 11 による虚像の抑圧処理によって、レーダ画像に含まれている雑音成分も抑圧されるため、図 11C に示すレーダ画像は、図 11A に示すレーダ画像と比べて、含まれている雑音成分が減少している。また、図 11D に示すレーダ画像は、図 11B に示すレーダ画像と比べて、含まれている雑音成分が減少している。

[0048] 図 12A は、虚像抑圧部 11 による虚像の抑圧処理が行われていないレーダ画像（図 11A に示すレーダ画像）に含まれている真像の信号スペクトルを示す説明図である。

図 1 2 B は、虚像抑圧部 1 1 による虚像の抑圧処理が行われていないレーダ画像（図 1 1 B に示すレーダ画像）に含まれている虚像の信号スペクトルを示す説明図である。

図 1 2 C は、虚像抑圧部 1 1 による虚像抑圧後のレーダ画像（図 1 1 C に示すレーダ画像）に含まれている真像の信号スペクトルを示す説明図である。

図 1 2 D は、虚像抑圧部 1 1 による虚像抑圧後のレーダ画像（図 1 1 D に示すレーダ画像）に含まれている虚像の信号スペクトルを示す説明図である。

虚像抑圧部 1 1 による虚像の抑圧処理によって、レーダ画像に含まれている雑音成分も抑圧されるため、図 1 2 C に示すレーダ画像に含まれている真像の信号スペクトルの方が、図 1 2 A に示すレーダ画像に含まれている真像の信号スペクトルよりも、信号スペクトルの形状が高精度に算出されている。また、図 1 2 D に示すレーダ画像に含まれている虚像の信号スペクトルの方が、図 1 2 B に示すレーダ画像に含まれている虚像の信号スペクトルよりも、信号スペクトルの形状が高精度に算出されている。

[0049] 次に、像識別処理部 1 6 は、信号スペクトルの角度 α と第 1 の閾値 Th_1 とを比較する。

像識別処理部 1 6 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 よりも小さければ（図 5 のステップ S T 1 4 : Y E S の場合）、真像候補が真像であると判定する（図 5 のステップ S T 1 5）。

像識別処理部 1 6 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 以上であれば（図 5 のステップ S T 1 4 : N O の場合）、真像候補が虚像であると判定する（図 5 のステップ S T 1 6）。

像識別処理部 1 6 は、図 5 のステップ S T 1 1 ~ S T 1 6 の処理を繰り返すことによって、真像候補抽出部 1 5 により抽出された真像候補の全てが、真像であるのか、虚像であるのかを識別する（図 4 のステップ S T 6）。

像識別処理部 1 6 は、虚像抑圧部 1 1 による虚像抑圧後のレーダ画像から

、識別した虚像を除去し、虚像除去後のレーダ画像を処理後画像格納部 3 に出力する。

[0050] 以上の実施の形態 1 では、レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する虚像抑圧部 11 と、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度が第 1 の閾値よりも小さければ、真像候補が真像であると判定し、信号スペクトルの角度が第 1 の閾値以上であれば、真像候補が虚像であると判定する像識別部 12 とを備えるように、レーダ画像処理装置 2 を構成した。したがって、レーダ画像処理装置 2 は、レーダ画像に雑音成分が含まれていても、真像候補が、真像であるのか、虚像であるのかを識別することができる。

[0051] 実施の形態 2.

実施の形態 2 では、像識別部 12 が、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 よりも小さくても、信号スペクトルの長さ Len が第 4 の閾値 Th_4 よりも短ければ、真像候補が虚像であると判定するレーダ画像処理装置 2 について説明する。

[0052] 図 13 は、実施の形態 2 に係るレーダ画像処理装置 2 を示す構成図である。図 13 において、図 1 と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

図 14 は、実施の形態 2 に係るレーダ画像処理装置 2 のハードウェアを示すハードウェア構成図である。図 14 において、図 2 と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

[0053] 像識別部 17 は、画像変換部 13、仮真像候補選別部 14、真像候補抽出部 15 及び像識別処理部 18 を備えている。

像識別部 17 は、虚像抑圧部 11 による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後

のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出する。

像識別部 17 は、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 よりも小さく、かつ、信号スペクトルの長さ Len が第 4 の閾値 Th_4 以上であれば、真像候補が真像であると判定する。

像識別部 17 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 以上、又は、信号スペクトルの長さ Len が第 4 の閾値 Th_4 よりも短ければ、真像候補が虚像であると判定する。

[0054] 像識別処理部 18 は、例えば、図 14 に示す像識別処理回路 26 によって実現される。

像識別処理部 18 は、図 1 に示す像識別処理部 16 と同様に、真像候補抽出部 15 により抽出された真像候補をアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、真像候補の信号スペクトルを算出する。

像識別処理部 18 は、真像候補の信号スペクトルをハフ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度 α 及び信号スペクトルの長さ Len のそれぞれを算出する。

像識別処理部 18 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 よりも小さく、かつ、信号スペクトルの長さ Len が第 4 の閾値 Th_4 以上であれば、真像候補が真像であると判定する。

像識別処理部 18 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 以上、又は、信号スペクトルの長さ Len が第 4 の閾値 Th_4 よりも短ければ、真像候補が虚像であると判定する。第 1 の閾値 Th_1 及び第 4 の閾値 Th_4 のそれぞれは、像識別処理部 18 の内部メモリに格納されていてもよいし、レーダ画像処理装置 2 の外部から与えられるものであってもよい。

像識別処理部 18 は、図 1 に示す像識別処理部 16 と同様に、虚像抑圧後のレーダ画像に映っている虚像を除去し、虚像除去後のレーダ画像を処理後画像格納部 3 に出力する。

[0055] 図 13 では、レーダ画像処理装置 2 の構成要素である虚像抑圧部 11、画

像変換部 1 3、仮真像候補選別部 1 4、真像候補抽出部 1 5 及び像識別処理部 1 8 のそれぞれが、図 1 4 に示すような専用のハードウェアによって実現されるものを想定している。即ち、レーダ画像処理装置 2 が、虚像抑圧回路 2 1、画像変換回路 2 2、仮真像候補選別回路 2 3、真像候補抽出回路 2 4 及び像識別処理回路 2 6 によって実現されるものを想定している。

虚像抑圧回路 2 1、画像変換回路 2 2、仮真像候補選別回路 2 3、真像候補抽出回路 2 4 及び像識別処理回路 2 6 のそれぞれは、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0056] レーダ画像処理装置 2 の構成要素は、専用のハードウェアによって実現されるものに限るものではなく、レーダ画像処理装置 2 が、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み合わせによって実現されるものであってもよい。

レーダ画像処理装置 2 が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合、虚像抑圧部 1 1、画像変換部 1 3、仮真像候補選別部 1 4、真像候補抽出部 1 5 及び像識別処理部 1 8 におけるそれぞれの処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムがメモリ 3 1 に格納される。そして、コンピュータのプロセッサ 3 2 がメモリ 3 1 に格納されているプログラムを実行する。

[0057] また、図 1 4 では、レーダ画像処理装置 2 の構成要素のそれぞれが専用のハードウェアによって実現される例を示し、図 3 では、レーダ画像処理装置 2 がソフトウェア又はファームウェア等によって実現される例を示している。しかし、これは一例に過ぎず、レーダ画像処理装置 2 における一部の構成要素が専用のハードウェアによって実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェア等によって実現されるものであってもよい。

[0058] 次に、図 1 3 に示すレーダ画像処理装置 2 の動作について説明する。ただし、像識別処理部 1 8 以外は、図 1 に示すレーダ画像処理装置 2 と同様であるため、ここでは、像識別処理部 1 8 の動作のみを説明する。

像識別処理部 18 は、真像候補抽出部 15 から真像候補を受けると、図 1 に示す像識別処理部 16 と同様に、真像候補をアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、真像候補の信号スペクトルを算出する。

[0059] 次に、像識別処理部 18 は、真像候補の信号スペクトルをハフ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する信号スペクトルの角度 α 及び信号スペクトルの長さ L_{en} のそれぞれを算出する。信号スペクトルをハフ変換することによる角度 α の算出処理及び長さ L_{en} の算出処理自体は、公知の技術であるため詳細な説明を省略する。

[0060] 次に、像識別処理部 18 は、信号スペクトルの角度 α と第 1 の閾値 Th_1 とを比較し、信号スペクトルの長さ L_{en} と第 4 の閾値 Th_4 とを比較する。第 4 の閾値 Th_4 は、想定される真像の信号スペクトルの長さ L_{en} と、想定される虚像の信号スペクトルの長さ L_{en} との間の長さに設定される。

像識別処理部 18 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 よりも小さく、かつ、信号スペクトルの長さ L_{en} が第 4 の閾値 Th_4 以上であれば、真像候補が真像であると判定する。

像識別処理部 18 は、信号スペクトルの角度 α が第 1 の閾値 Th_1 以上、又は、信号スペクトルの長さ L_{en} が第 4 の閾値 Th_4 よりも短ければ、真像候補が虚像であると判定する。

像識別処理部 18 は、虚像抑圧後のレーダ画像から、識別した虚像を除去し、虚像除去後のレーダ画像を処理後画像格納部 3 に出力する。

[0061] 以上の実施の形態 2 では、像識別部 17 が、信号スペクトルの角度が第 1 の閾値よりも小さくても、信号スペクトルの長さが第 4 の閾値よりも短ければ、真像候補が虚像であると判定するように、図 13 に示すレーダ画像処理装置 2 を構成した。したがって、図 13 に示すレーダ画像処理装置 2 は、図 1 に示すレーダ画像処理装置 2 と同様に、レーダ画像に雑音成分が含まれていても、真像候補が、真像であるのか、虚像であるのかを識別することができる。また、図 13 に示すレーダ画像処理装置 2 は、図 1 に示すレーダ画像処理装置 2 よりも、真像と虚像との識別精度が向上する。

[0062] なお、本開示は、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

産業上の利用可能性

[0063] 本開示は、レーダ画像処理装置、レーダ画像処理方法及びレーダ画像処理プログラムに適している。

符号の説明

[0064] 1 レーダ画像格納部、2 レーダ画像処理装置、3 処理後画像格納部、11 虚像抑圧部、12, 17 像識別部、13 画像変換部、14 仮真像候補選別部、15 真像候補抽出部、16, 18 像識別処理部、21 虚像抑圧回路、22 画像変換回路、23 仮真像候補選別回路、24 真像候補抽出回路、25, 26 像識別処理回路、31 メモリ、32 プロセッサ。

請求の範囲

[請求項1]

レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、前記レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する虚像抑圧部と、

前記虚像抑圧部による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する前記信号スペクトルの角度が第1の閾値よりも小さければ、前記真像候補が真像であると判定し、前記信号スペクトルの角度が前記第1の閾値以上であれば、前記真像候補が虚像であると判定する像識別部と

を備えたレーダ画像処理装置。

[請求項2]

前記像識別部は、

前記虚像抑圧部による虚像抑圧後のレーダ画像を2値化画像に変換し、前記2値化画像を出力する画像変換部と、

前記画像変換部から出力された2値化画像の中で、1の画素値を有する画素が集まっている、1つ以上の画素群のそれぞれを仮真像候補として特定し、特定した仮真像候補のうち、含んでいる画素の数が第2の閾値よりも少ない仮真像候補を破棄する仮真像候補選別部と、

前記虚像抑圧部による虚像抑圧後のレーダ画像から、前記仮真像候補選別部により破棄されないで残っている仮真像候補と画素位置が同じ画素群を真像候補として抽出する真像候補抽出部と、

前記真像候補抽出部により抽出された真像候補を前記アジマス軸方向にフーリエ変換することによって、前記真像候補の信号スペクトルを算出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する前記信号スペクトルの角度が前記第1の閾値よりも小さければ、前記真像候補が真像であると判定し、前記信号スペクトルの角度が前記第1の閾値以上であれば、前記真像候補が虚像であると判定する像識別処理部とを備えていることを特徴とする請求項1記載のレーダ画像

処理装置。

[請求項3] 前記仮真像候補選別部は、残っている仮真像候補の中で、互いに隣り合っている2つの仮真像候補の距離が第3の閾値よりも短ければ、前記2つの仮真像候補のうち、いずれかの仮真像候補を破棄することを特徴とする請求項2記載のレーダ画像処理装置。

[請求項4] 前記像識別処理部は、前記真像候補の信号スペクトルをハフ変換することによって、前記信号スペクトルの角度を算出することを特徴とする請求項2記載のレーダ画像処理装置。

[請求項5] 前記像識別部は、前記信号スペクトルの角度が前記第1の閾値よりも小さくても、前記信号スペクトルの長さが第4の閾値よりも短ければ、前記真像候補が虚像であると判定することを特徴とする請求項1記載のレーダ画像処理装置。

[請求項6] 虚像抑圧部が、レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、前記レーダ画像に含まれている虚像を抑圧し、

像識別部が、前記虚像抑圧部による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する前記信号スペクトルの角度が第1の閾値よりも小さければ、前記真像候補が真像であると判定し、前記信号スペクトルの角度が前記第1の閾値以上であれば、前記真像候補が虚像であると判定する

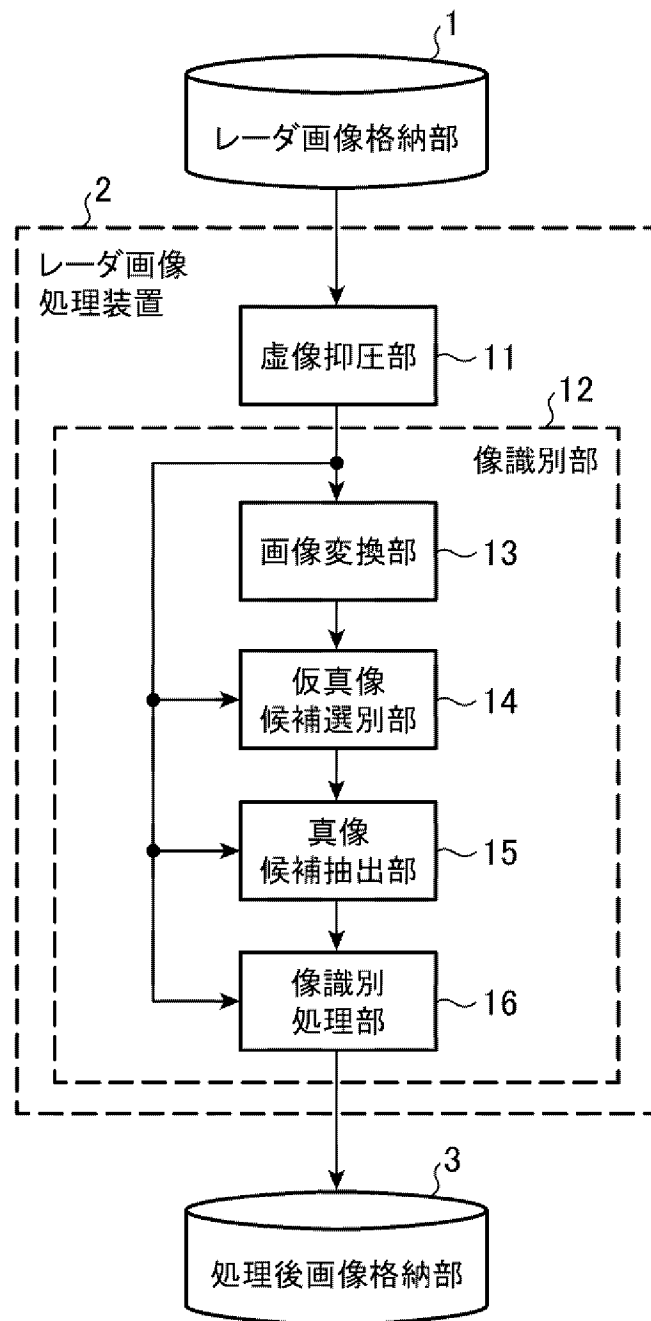
レーダ画像処理方法。

[請求項7] 虚像抑圧部が、レーダ画像に対する圧縮センシング処理を実施することによって、前記レーダ画像に含まれている虚像を抑圧する処理手順と、

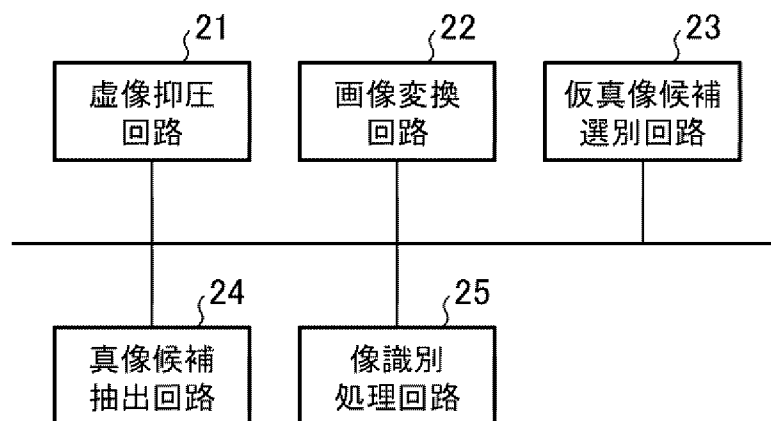
像識別部が、前記虚像抑圧部による虚像抑圧後のレーダ画像を、当該レーダ画像のアジマス軸方向にフーリエ変換することによって、虚像抑圧後のレーダ画像に含まれている真像候補の信号スペクトルを算

出し、虚像抑圧後のレーダ画像におけるドップラ周波数軸に対する前記信号スペクトルの角度が第1の閾値よりも小さければ、前記真像候補が真像であると判定し、前記信号スペクトルの角度が前記第1の閾値以上であれば、前記真像候補が虚像であると判定する処理手順とをコンピュータに実行させるためのレーダ画像処理プログラム。

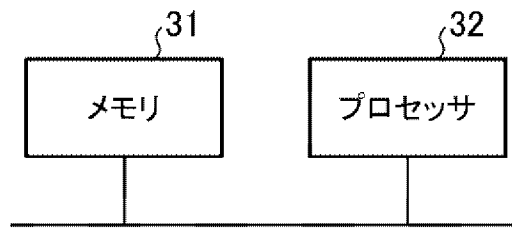
[図1]



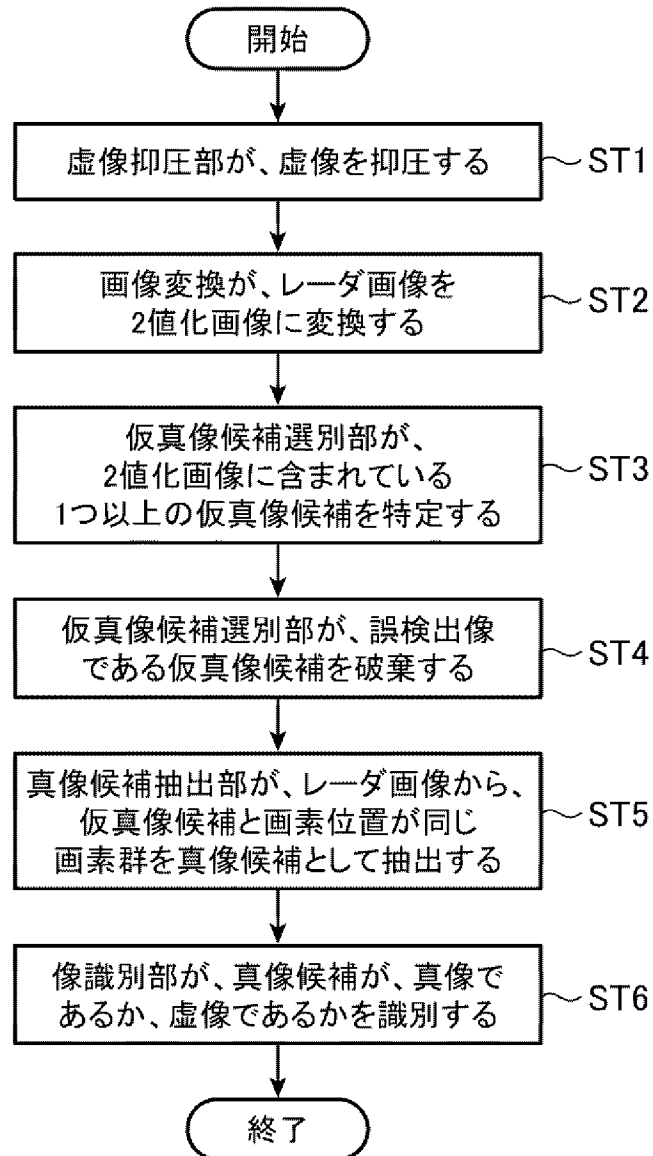
[図2]



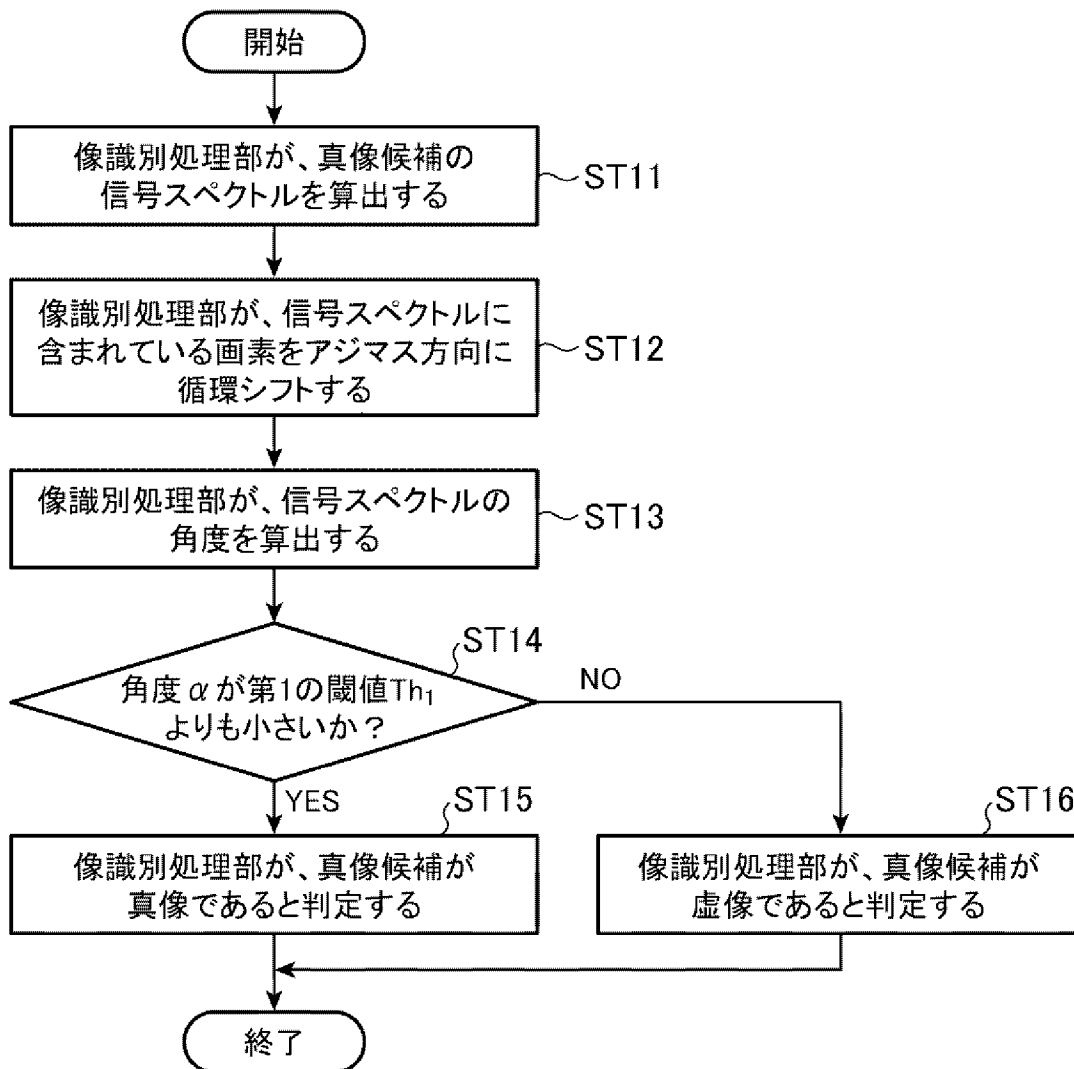
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

図6A

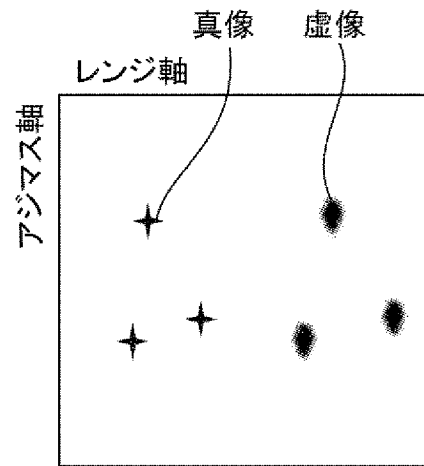
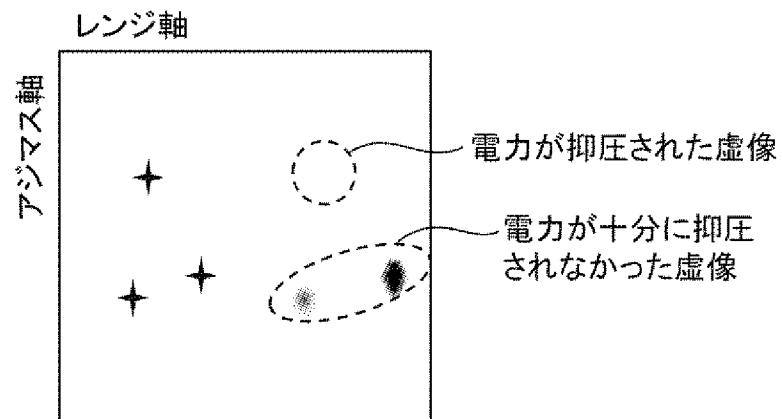
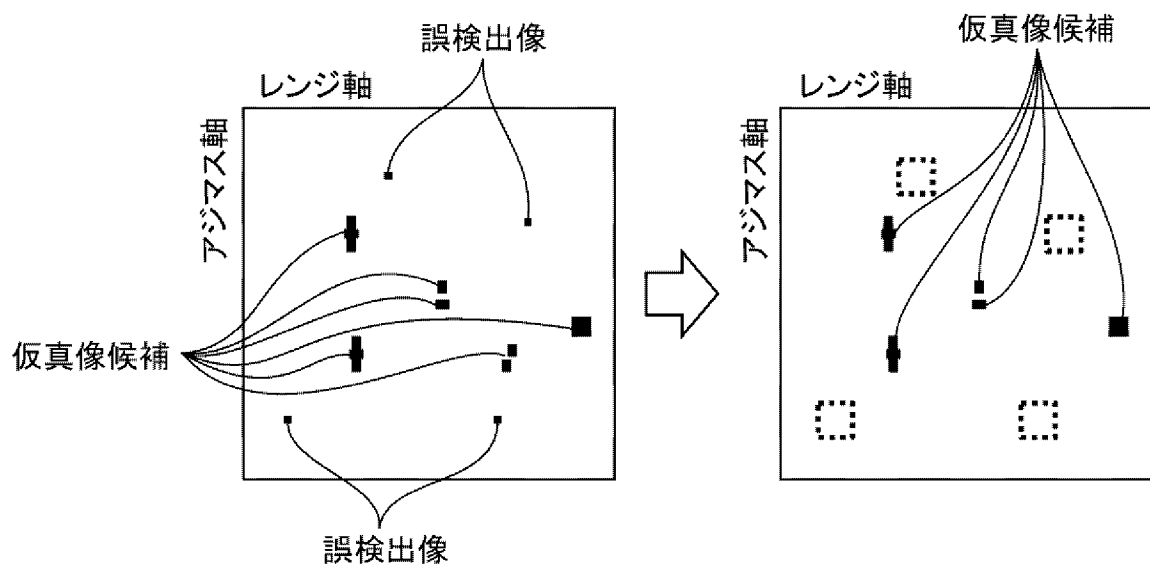


図6B



[図7]



破棄された誤検出像が含まれていた領域

[図9]

図9A

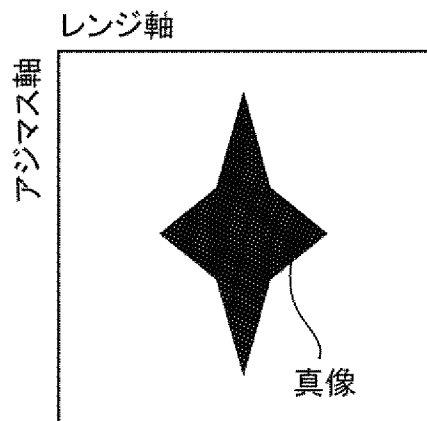
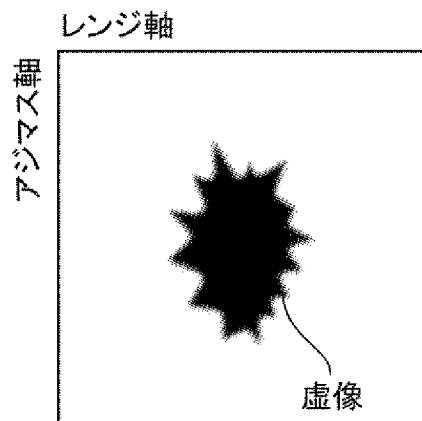


図9B



[図10]

図10A

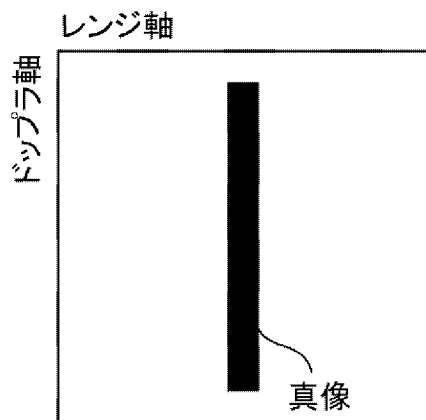
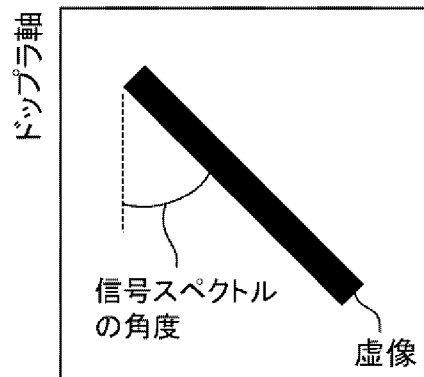
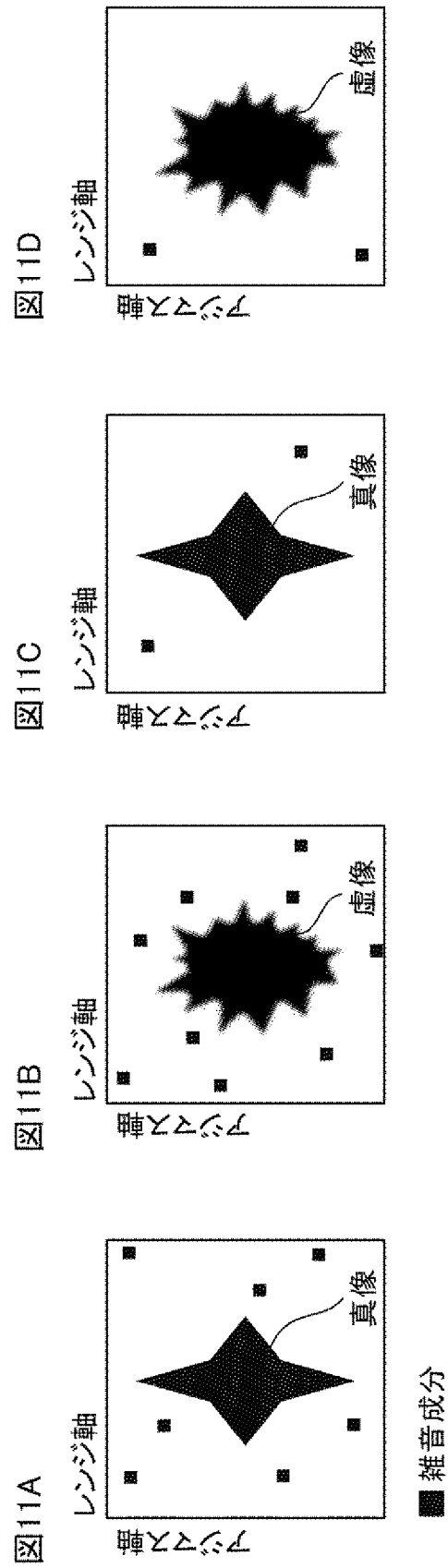


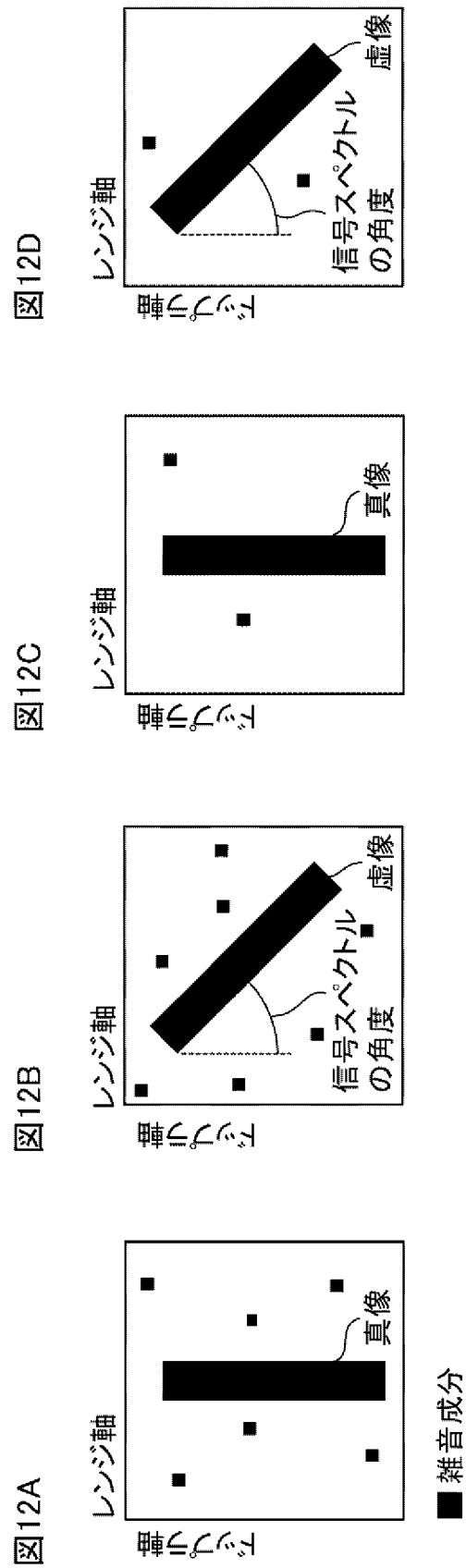
図10B



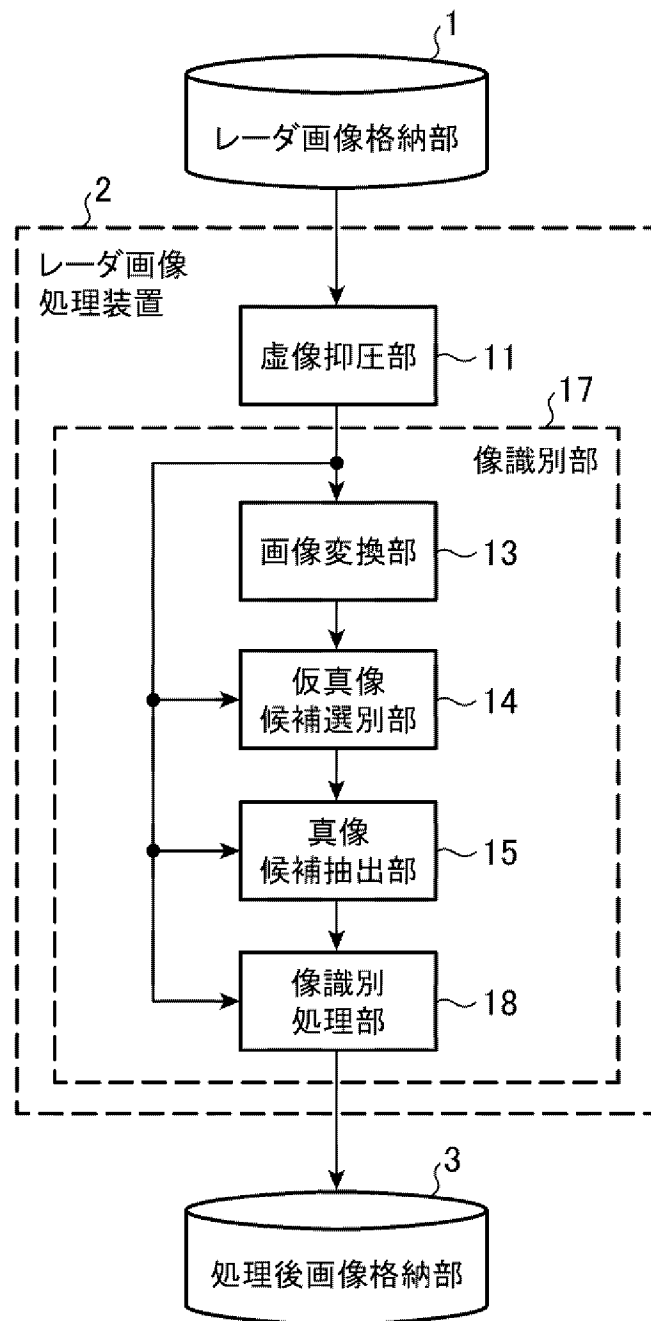
[図11]



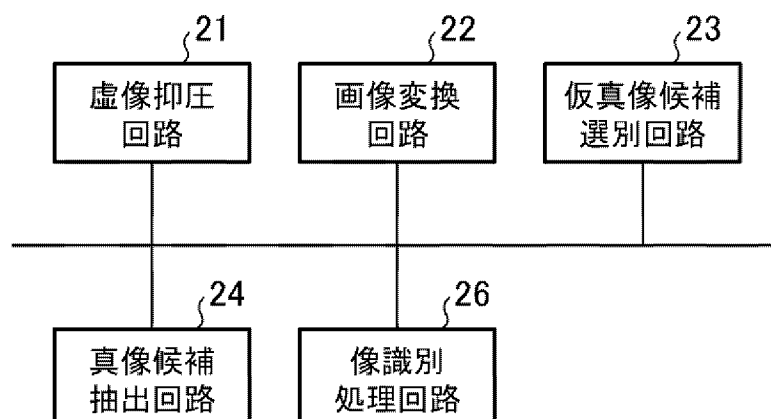
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/020111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01S13/90 (2006.01) i
FI: G01S13/90 191

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. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	WO 2019/176016 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 19 September 2019, entire text, all drawings	1-7
A	JP 2017-015495 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 19 January 2017, entire text, all drawings	1-7
A	JP 2015-230285 A (TOSHIBA CORP.) 21 December 2015, entire text, all drawings	1-7
A	US 2014/0009324 A1 (RANNEY, Kenneth I. et al.) 09 January 2014, entire text, all drawings	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14.07.2020

Date of mailing of the international search report
28.07.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/020111

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2019/176016 A1	19.09.2019	(Family: none)	
JP 2017-015495 A	19.01.2017	(Family: none)	
JP 2015-230285 A	21.12.2015	(Family: none)	
US 2014/0009324 A1	09.01.2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 13/90(2006.01)i FI: G01S13/90 191														
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）） G01S7/00-7/42;G01S13/00-13/95;														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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	WO 2019/176016 A1（三菱電機株式会社）19.09.2019（2019 - 09 - 19） 全文，全図	1-7												
A	JP 2017-015495 A（三菱電機株式会社）19.01.2017（2017 - 01 - 19） 全文，全図	1-7												
A	JP 2015-230285 A（株式会社東芝）21.12.2015（2015 - 12 - 21） 全文，全図	1-7												
A	US 2014/0009324 A1（RANNEY, Kenneth I. et al.）09.01.2014（2014 - 01 - 09） 全文，全図	1-7												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 14.07.2020	国際調査報告の発送日 28.07.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 安井 英己 2S 6001 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/020111

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/176016	A1	19.09.2019	(ファミリーなし)	
JP	2017-015495	A	19.01.2017	(ファミリーなし)	
JP	2015-230285	A	21.12.2015	(ファミリーなし)	
US	2014/0009324	A1	09.01.2014	(ファミリーなし)	