

(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
2020年3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

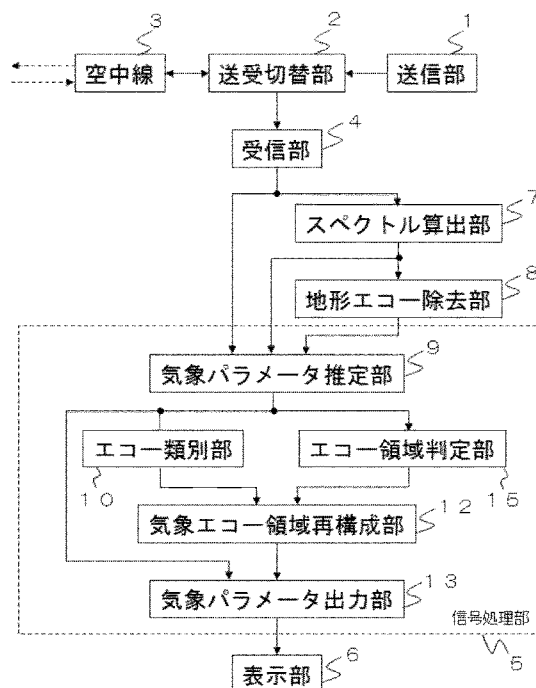
WO 2020/044733 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/95 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/023664
- (22) 国際出願日: 2019年6月14日(14.06.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-160196 2018年8月29日(29.08.2018) JP
- (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: 酒巻 洋 (SAKAMAKI, Hiroshi); 〒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). 柿元 生也(KAKIMOTO, Ikuya); 〒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). 松田 知也(MATSUDA, Tomoya); 〒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). 中溝 尚道(NAKAMIZO, Takamichi); 〒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:特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大

(54) Title: SIGNAL PROCESSING DEVICE AND SIGNAL PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 信号処理装置及び信号処理方法

図8



- 1 Transmission unit
- 2 Transmission/reception switching unit
- 3 Antenna
- 4 Reception unit
- 5 Signal processing unit
- 6 Display unit
- 7 Spectrum calculation unit
- 8 Terrain echo removal unit
- 9 Weather parameter estimation unit
- 10 Echo classification unit
- 12 Weather echo region reconstruction unit
- 13 Weather parameter output unit
- 15 Echo region determination unit

(57) Abstract: In the present invention, a pulse wave is repeatedly transmitted into space; a first weather echo region is determined using, among weather parameters, the weather parameters for which the behavior of a weather echo and terrain echo differs on the basis of a reception signal for reflected pulse waves, a Doppler spectrum derived from the reception signal, and a post-terrain-echo-removal spectrum resulting from the removal of the terrain echo from the Doppler spectrum; a second weather echo region is determined using, among the weather parameters, the weather parameters

阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

having behavior that is not dependent on the Doppler velocity, or a weather echo region where the Doppler velocity is zero is determined using the weather parameters; and a weather echo region is determined from the first weather echo region and second weather echo region or from the first weather echo region and the weather echo region where the Doppler velocity is zero. In this way, a signal processing device and signal processing method are obtained that make it easy to reproduce a zero Doppler weather echo attenuated, that is, mistakenly suppressed, in terrain echo removal processing.

(57) 要約: パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射された前記パルス波動の反射波の受信信号、前記受信信号から導出されたドップラスペクトル、前記ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求め、前記気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求める、又は、前記気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求め、前記第1の気象エコー領域と前記第2の気象エコー領域とから、又は、前記第1の気象エコー領域と前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域とから、気象エコー領域を決定する。このようにして、地形エコー除去処理により減衰、すなわち、誤って抑圧したゼロドップラの気象エコーを復元することが容易な信号処理装置及び信号処理方法を得る。

明 細 書

発明の名称： 信号処理装置及び信号処理方法

技術分野

[0001] この発明は、減衰したゼロドップラの気象エコーを復元することが容易な信号処理装置及び信号処理方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、遠隔に存在する目標や物体の距離及び速度を計測し、不要波を除去し、目標物を精度良く計測するものとして、電磁波や音波などの波動を用いた観測装置（計測装置）がある。このような観測装置（計測装置）においては、レーダ装置、ライダー（光波レーダ）装置、ソーダ（音波レーダ）装置などを使ったパルスドップラの技術が知られている。パルスドップラの技術には、基本掃引周期外（距離計測範囲の外）エコーを使用するもの又は除去するものがある。また、パルスドップラの技術は、目標物を降水粒子（雨粒）とする気象レーダ装置などの観測装置（計測装置）にも使用されている。以降は、気象レーダ装置（特に、パルスドップラレーダ装置）を観測装置の例として説明を行なうが、本願に係る信号処理装置及び信号処理方法は、電磁波を用いた気象レーダ装置への適用に限らず、気象を観測する観測装置に適用できるものである。

[0003] 気象レーダ装置は、空間にパルス状の電磁波を放射するとともに、空間内の目標物である気象粒子（降水粒子）で散乱された反射波を受信し、受信信号に信号処理を施すことにより、対象の位置や、強度（電力）、ドップラ速度、スペクトル幅等を計測するものとして知られている。気象レーダにおいては、3次元空間を高速かつ高密度に計測する要求があるが、水平に近い仰角で計測すると、多かれ少なかれ地面や山、建造物等からの反射である地形エコー（グラウンドクラッタとも呼ばれる）が受信される。また、計測する仰角がある程度大きい場合でも、ビームのサイドローブによって近距離の地形エコーが捉えられることがある。

[0004] このように、気象レーダ装置においては、仰角が、ある程度大きい場合でもサイドローブが近距離の地形に捉えられることがある。地形エコーが混入するとドップラスペクトル上には地形と降水による二つのピークが出現し、地形エコーは降水（気象エコー）のドップラ速度を見かけ上ゼロ方向にシフトさせるだけでなく、一般に突出した電力を持つことから強度（電力）すなわち雨量強度も過大評価させる。そのため、地形エコーを除去する必要がある。地形エコーを除去する処理は、一般に、MTI（Moving Target Indicator）と呼ばれる。

[0005] MTIの手法としては、地形エコーの信号はドップラ速度がゼロ付近の低周波域に集中している性質を利用し、時系列位相差信号の低周波ろ過フィルタを用いて除去する手法がある。また、ドップラスペクトル上でドップラ速度ゼロ付近を除去し、さらに、その除去域を周辺の信号で補間することで地形エコーとともに抑圧されたドップラ速度ゼロ付近の気象エコーの回復を図る手法などが一般に知られている。

[0006] 全レンジセルに対して、MTIを行うと少なからず気象エコーも減衰させてしまう場合がある。このような場合に対して、クラッタマップと呼ばれる予め地形エコーの位置（レンジセル）を記録したマップを用いて、地形エコーの位置にのみMTIを適用する方式がある。また、特定地点と非特定地点とのいずれであるかを判定して補正值を使う方式（例えば、特許文献1参照）もある。しかし、クラッタマップや特定地点で対処できるのは通常の電波伝搬による位置が不変の地形エコーのみであり、AP（Anomalous Propagation）クラッタと呼ばれる大気条件によって出現位置が変わる異常伝搬による地形エコーには対処ができない。

[0007] APクラッタにも対処できる手法としては、受信強度の空間的な変動量（テクスチャと呼ばれる）が、地形エコーは気象エコーよりも大きい性質や、地形エコーの信号の位相の積み上がり方（ばらつき）が気象エコーの位相の積み上がり方に比べて大きい性質などを利用する方式がある（例えば、非特許文献1参照）。この方式では、観測ごとに対象とするレンジセルが地形エ

コーであるか否かを判定し、地形エコーである場合に限りMTIを適用することで気象エコーの減衰を低減している。このような動的にMTIを適用するか否かを判定する方法でも、気象エコーが地形エコーのようにドップラ速度がゼロ付近で、かつ、スペクトル幅が狭い場合（Zero-Isodopと呼ばれる）には誤って抑圧する場合がある。

[0008] 気象エコーが地形エコーのようにドップラ速度がゼロ付近で、かつ、スペクトル幅が狭い場合に誤って抑圧することを避ける方式としては、二つの異なる時刻で観測したドップラ速度がゼロ付近の領域（以降、ゼロドップラ領域と称する）の時間的な動きを利用してゼロドップラ領域を特定し、ゼロドップラ領域の気象エコー減衰を抑止するものがある（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2017-67504号公報

特許文献2：特開2011-112373号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：J. C. Hubbert, M. Dixon, and S. M. Ellis, Weather Radar Ground Clutter, Part II: Real-Time Identification and Filtering, J. Atmos. Oceanic Technol., 26, 1181-1197, 2009.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかし、特許文献2に開示される方法は、2時刻の間でゼロドップラ領域に変動がなければゼロドップラ領域を特定できず、地形エコー除去処理によりゼロドップラが減衰してしまうという課題があった。

[0012] この発明は、上記のような課題を解消するためになされたもので、地形エ

コー除去処理により減衰したゼロドップラの気象エコーを復元することが容易な信号処理装置及び信号処理方法に関するものである。

課題を解決するための手段

[0013] この発明に係る信号処理装置及び信号処理方法は、パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射された前記パルス波動の反射波の受信信号、前記受信信号から導出されたドップラスペクトル、前記ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求め、前記気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求める、又は、前記気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求め、前記第1の気象エコー領域と前記第2の気象エコー領域とから、又は、前記第1の気象エコー領域と前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域とから、気象エコー領域を決定することを特徴とするものである。

発明の効果

[0014] 以上のように、この発明によれば、気象パラメータの特性を利用して、気象エコー領域を決定することで、地形エコー除去処理により減衰、すなわち、誤って抑圧したゼロドップラの気象エコーを復元すること、すなわち、誤って抑圧させないことが容易な信号処理装置及び信号処理方法を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]この発明の実施の形態1及び2に係る信号処理装置の機能ブロック図である。

[図2]この発明の実施の形態1から3に係る信号処理装置及び信号処理方法が適用された観測装置の観測領域の一例を示す模式図である。

[図3]この発明の実施の形態1に係る信号処理方法のフローチャートである。

[図4]この発明の実施の形態1から3に係る信号処理装置及び信号処理方法におけるエコー類別の一例を示す模式図である。

[図5]この発明の実施の形態2に係る信号処理方法のフローチャートである。

[図6]この発明の実施の形態3に係る信号処理装置の機能ブロック図である。

[図7]この発明の実施の形態3に係る信号処理方法のフローチャートである。

[図8]この発明の実施の形態1から3に係る信号処理装置の機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0016] 実施の形態1.

以下、この発明の実施の形態1に係る信号処理装置及び信号処理方法については図1から図4を用いて説明する。特に、実施の形態1に係る信号処理方法については図3を用いて説明する。図1は、実施の形態1に係る信号処理装置を適用した気象レーダ装置（観測装置、計測装置）の機能ブロック図である。図1とは異なる機能ブロックの構成でも本願は実施できる。つまり、図1に示すものは、一例のブロック構成である。本願の図中、同一符号は、同一又は相当部分を示しそれらについての詳細な説明は省略する場合がある。

[0017] 図1において、実施の形態1に係る信号処理装置を適用した気象レーダ装置は、送信部1、送受切替部2、空中線部3（アンテナ部3）、受信部4、信号処理部5（信号処理部5は、本願に係る信号処理装置に相当）を備えている。これらが、実施の形態1に係る気象レーダ装置といえる。換言すると、実施の形態1に係る観測装置（計測装置）は、送信部1、送受切替部2、空中線部3（アンテナ部3）又は光スキャナ部3或いは音波スピーカ部3、受信部4、信号処理部5（本願に係る信号処理装置）を備えているといえる。空中線部3（アンテナ部3）又は光スキャナ部3或いは音波スピーカ部3は、波動送出・受入部3といえる。このような波動送出・受入部3は送受が別体でもよい。

[0018] 図1において、送信部1は、送信波の元となる基準信号を発生し、基準信号にパルス変調、送信ごとに初期位相が変化するような位相変調、周波数変換、増幅を行うものである。送受切替部2は、送信部1で生成された送信波

であるパルス波動を空中線部 3 へと出力するとともに、空中線部 3 から受信波を取り込むものである。空中線部 3 は、パルス波動を送信波として空間に放射するとともに、空間中に存在する物体で反射されて到来した電波（反射波動）を受信波（反射波）として取得するものである。受信部 4 は、空中線部 3 で受信して送受切替部 2 を経由した受信波を取り込み、周波数変換、増幅した後、受信波を検波することにより受信信号（パルス波動の反射波の受信信号）を生成し信号処理部 5 へ送るものである。

[0019] 図 1 において、信号処理装置 5 は、実施の形態 1 に係る信号処理装置である。信号処理装置 5 は、スペクトル算出部 7、地形エコー除去部 8、気象パラメータ推定部 9、エコー類別部 10、気象エコー領域判定部 11（エコー領域判定部 11）、気象エコー領域再構成部 12、気象パラメータ出力部 13 を有している。図 1 に例示するように、スペクトル算出部 7 及び地形エコー除去部 8 は、信号処理装置 5 の外部に設けてもよい。表示部 6 は、信号処理装置 5（気象パラメータ出力部 13）から出力された（気象エコー領域再構成部 12 が決定した）気象エコー領域に相当するレンジセルにおける気象パラメータを予め定められた方法で表示する例えば、液晶ディスプレイなどの表示装置である。表示部 6 は、気象パラメータ推定部 9 から出力された気象パラメータを予め定められた方法で表示してもよい。

[0020] 図 1 において、スペクトル算出部 7 は、受信部 4 で生成された受信信号にフーリエ変換を施し、ドップラスペクトルを生成する。地形エコー除去部 8 は、地形エコーを推定して除去するもので、スペクトル算出部 7 で生成されたドップラスペクトルに対し、ゼロドップラ付近の信号を除去し、その後除去された点周辺を補間する地形エコー除去処理を施し、地形エコー除去後のドップラスペクトルを生成するものである。詳しくは、地形エコー除去部 8 は、反射されたパルス波動の反射波の受信信号から導出されたドップラスペクトルから地形エコーを推定する。このとき、スペクトル算出部 7 で生成されたドップラスペクトルに対して、地形エコーのスペクトル分布をフィッティングにより推定することが好ましい。地形エコー除去部 8 は、推定した地

形エコーのスペクトル分布に含まれるドップラスペクトルを除去する。

[0021] 図1において、気象パラメータ推定部9は、パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射されたパルス波動の反射波の受信信号、この受信信号からスペクトル算出部7が導出したドップラスペクトル、このドップラスペクトルから地形エコー除去部8が地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから気象パラメータを求めるものである。詳しくは、受信部4で生成された受信信号（時系列信号）およびスペクトル算出部7で生成されたドップラスペクトルおよび地形エコー除去部8で生成された地形エコー除去後のドップラスペクトルに対し、後述する位相や信号強度（レーダ反射因子）や地形エコー除去前後の強度差等の気象パラメータを推定する処理を行う。

[0022] 図1において、エコー類別部10は、気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求めるものである。詳しくは、気象パラメータ推定部9で生成された気象パラメータを用いて、各レンジセルの信号が気象エコーであるのか、地形エコーであるのか、両者が混在したものであるのか、それ以外の雑音もしくは判定不能なものであるのか、を判定する処理を行う。気象エコー領域判定部11（エコー領域判定部11）は、気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求めるものである。詳しくは、気象パラメータ推定部9で生成された気象パラメータのうち、ドップラ速度の値によって変化しない気象パラメータを用いて、各レンジセルの信号が気象エコーであるのか否かを判定する処理を行う。

[0023] 図1において、気象エコー領域再構成部12は、第1の気象エコー領域と第2の気象エコー領域とから、最終的な気象エコー領域と決定するものである。詳しくは、エコー類別部10で生成されたエコー類別結果のうち、気象エコーと判定された領域（第1の気象エコー領域）と、気象エコー領域判定部11で生成された気象エコー領域（第2の気象エコー領域）を用いて気象エコー領域を再構成する処理を行う。気象パラメータ出力部13は、気象パラメータ推定部9で生成された気象パラメータと気象エコー領域再構成部1

2で生成された気象エコー領域を入力とし、気象エコーと判定された領域の所定の気象パラメータを出力する処理を行うものである。詳しくは、気象エコー領域再構成部12が決定した気象エコー領域に相当するレンジセルにおける気象パラメータを出力するものである。

[0024] 次に、図2から図4を用いて、実施の形態1に係る信号処理装置（観測装置の主要部である信号処理部5）の動作を説明する。すなわち、実施の形態1に係る信号処理方法を説明する。なお、実施の形態1に係る信号処理方法は、パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射されたパルス波動の反射波の受信信号、受信信号から導出されたドップラスペクトル、ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから求められた気象パラメータを用いる信号処理方法である。

[0025] 図2は、観測装置の観測領域の一例を示し、地形エコー領域および気象エコー領域の分布状況を示す模式図である。図2において、領域Aは、地形エコーのみが存在する領域である。領域Bは、気象エコーが地形エコーに重畳する領域である。領域B'は、領域Bに地形エコー除去処理を行った結果、気象エコーのみとなった領域である。領域Cは、ゼロドップラとなる気象エコー領域である。領域Dは、エコー類別処理（エコー類別ステップ）で気象エコーと類別された領域である。領域D'は気象エコーのみの（ただし、ゼロドップラを含まない）領域である。領域Eは、気象エコーも地形エコーも含まない、もしくは、雑音、もしくは、判定不能な領域である。また、領域A、B（B'）、C、D'は互いに共通部分（重複）を持たない。すなわち、領域CはB（B'）を含まない。また、領域A、B（B'）、Dも互いに共通部分（重複）を持たない。

[0026] また、図2において、領域C＋領域D'は、気象エコー領域判定処理（気象エコー領域判定ステップ）で気象エコーと判定された領域を表し、領域A＋領域Bが本来の地形エコー領域を、領域B'＋領域C＋領域D＋領域D'が、本来の気象エコー領域を表す。なお、図2では、領域Dは領域C＋領域D'に包含されるように例示しているが、領域Dが領域C＋領域D'を包含

する場合も有り得る。

[0027] 図3のフローチャートを用いて、実施の形態1に係る信号処理方法（実施の形態1に係る信号処理装置の動作）を詳しく説明する。ステップ14（ST14）からステップ16（ST16）のみを実施の形態1に係る信号処理方法としてもよい。ステップ11（ST11）であるスペクトル算出ステップは、スペクトル算出部7が、レンジセル毎に受信信号（時系列）に対してフーリエ変換を施し（ドップラ）スペクトルを算出する。次に、ステップ12（ST12）である地形エコー除去ステップを行う。ST12は、ST11で算出したスペクトルに対し、地形エコー除去部8が、地形エコー除去を行い、地形エコー除去後のスペクトルを生成する。

[0028] ST12の地形エコー除去の方法としては、スペクトル上においてドップラ速度ゼロを中心とし、所定のスペクトル幅分の成分を除去した後、除去された成分の両端を線形補間する方法や、地形エコー成分に対してドップラ速度ゼロを中心とした第1のガウシアン型のスペクトルでフィッティングして推定し、その第1のガウシアン型スペクトルに含まれる成分を除去した後、残存するスペクトル点を第2のガウシアン型スペクトルでフィッティングし、除去されたスペクトル点を第2のガウシアン型スペクトルの点に置き換える方法を用いることができる。また、ここでは、地形エコー除去をスペクトル上で行っているが、時間軸上の受信信号に対して非回帰型の低周波ろ過楕円フィルタを適用することもできる。

[0029] 受信信号（時系列）、ST11で求めたスペクトル、ST12で求めた地形エコー除去後のスペクトルを用いて、気象パラメータ推定ステップであるステップ13（ST13）を気象パラメータ推定部9が行う。気象パラメータとしては、スペクトルモーメントとして推定する強度（電力）、ドップラ速度、スペクトル幅の他、所定空間（レンジ、方位）内の受信信号の位相の変動量、同様に強度の変動量、ドップラ速度の変動量、スペクトル幅の変動量、地形エコー除去処理前後の強度差（Clutter Suppression Ratio；CSR）、さらに、二重偏波レーダの場合には、レー

ダ反射因子差の変動量、偏波間位相差の変動量、偏波間相関係数の変動量等を用いることができる。

[0030] なお、ここでは、強度（電力）とレーダ反射因子は同義的に扱っている。また、空間内の変動量はテクスチャパラメータとも呼ばれ、以下の式（１）のように計算される。代表的な気象パラメータの例を表１に示す。

[0031] [数1]

$$T(y_{i,j}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_{i,j} - y_{i-1,j})^2}{m}} \quad \text{もしくは} \quad \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_{i,j} - \mu_{i,j})^2}{m}}, \quad \mu_{i,j} = \frac{\sum_{i=1}^m y_{i,j}}{m} \cdots (1)$$

[0032] 式（１）において、 T は変動量を、 y は元となるパラメータを、 i はレンジ方向の番号、 j はアジマス方向の番号、 m はレンジ（ビン）数を、 μ は平均を、それぞれ表す。なお、式（１）では演算量低減のためレンジ方向にのみ m 個の空間の変動量を算出しているが、アジマス方向にも所定数に広げることできる。

[0033]

[表1]

気象パラメータ	地形エコーの場合	気象エコーの場合	
		ゼロドップラ以外	ゼロドップラ
信号強度 (レーダ反射因子) Z	大きい	一般に小さい	一般に小さい
ドップラ速度 V	0付近に分布	様々	0付近に分布
スペクトル幅 W	狭い	一般に広い	一般に広い
位相変動量 $T(\phi)$	小さい	大きい	小さい
信号強度変動量 $T(Z)$	大きい	小さい	小さい
ドップラ速度変動量 $T(V)$	小さい	一般に大きい	小さい
スペクトル幅変動量 $T(W)$	小さい	一般に大きい	小さい
レーダ反射因子差変動量 $T(Z_{dr})$	大きい	小さい	小さい
偏波間位相差変動量 $T(\phi_{dp})$	小さい	大きい	大きい
偏波間相関係数変動量 $T(\rho_{hv})$	大きい	様々	様々
地形エコー除去処理前後 の信号強度差 CSR (Clutter Suppression Ratio)	大きい	小さい(ない)	差が生じることがある

[0034] 表1では、気象パラメータが地形エコーの場合の挙動、気象エコー（ゼロドップラ以外）の場合の挙動、気象エコー（ゼロドップラ）の場合の挙動を記載している。なお、気象パラメータとしては、表1の他にも、例えば、非特許文献1に記載されているCPA (Clutter Phase Alignment) 等を含むことができる。

[0035] 次に、ステップ14 (ST14) であるエコー類別ステップは、気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1

の気象エコ領域を求めるものである。詳しくは、ST13で求めた気象パラメータを用いて、エコー類別部10がエコー類別処理を行い、第1の気象エコ領域（図2における領域B'、領域D）を推定する。

[0036] ST14によるエコー類別処理の例を図4に示す。図4のエコー類別処理の例では、少なくとも1つ以上の気象パラメータを用いて気象エコーとしての評価値と地形エコーとしての評価値を求め、それぞれの評価値と所定の閾値との大小比較を行い、それが気象エコー（領域D）であるのか、地形エコー（領域A）であるのか、地形エコーに気象エコーが重畳した領域もしくはドップラ速度がゼロ付近に分布している気象エコー領域（領域B+領域C）であるか、その他（領域E）であるかを決定している。ここで、気象パラメータを用いたエコー類別処理においては、領域Bと領域Cとは性質が類似し明確な区別が困難である場合が多いため、以降、これらの領域を合わせたものを混在した領域とする。また、第1の気象エコー領域（領域B'、領域D）は、気象エコーのみの領域（領域D）と、気象エコーと地形エコーとが混在した領域（領域B+領域C）に地形エコー除去処理を適用して気象エコーのみとなった領域（領域B'）とを統合して得られたものである。よって、第1の気象エコー領域には地形エコー除去処理によって過抑圧されない領域Cが含まれるが、後述する第2の気象エコー領域内の領域Cと区別するため、第1の気象エコー領域中の領域Cは明示しないこととする。

[0037] 図4（a）は、エコー類別処理のブロック図である。図4（b）は、エコー類別処理で用いるメンバシップ関数の模式図である。図4（c）は、判定例である。図4（a）ではパラメータ κ_i からパラメータ κ_{i+n-1} の n 個の気象パラメータを入力とし、それぞれに対応するメンバシップ関数（図4（b）に記載のもの）を参照することによりメンバシップ値 $MSF(\kappa_i)$ を求める。次に、メンバシップ値 $MSF(\kappa_i)$ に対応する重み係数 $w(\kappa_i)$ を乗じたものを加算し、その結果を重み係数の総和で除すことにより評価値 S （気象エコーとしての評価値 S_w 、地形エコーとしての評価値 S_c ）を求める。その後、図4（c）の例のように所定閾値を用いて判定を行い、エコー類別

結果を得る。なお、図4ではメンバシップ関数によりエコー類別処理を行う例を示したが、例えば、気象パラメータごとに所定閾値との比較を順に行いエコーを類別する決定木による判定法や、SVM (Support Vector Machine) や、ニューラルネットワークや、深層学習などの機械学習による判定法を用いることもできる。

[0038] 次に、ステップ15 (ST15) である気象エコー領域判定ステップ (エコー領域判定ステップ) は、気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求めるものである。詳しくは、ST13で求めた気象パラメータを用いて、気象エコー領域判定部11が気象エコー領域判定処理を行い、第2の気象エコー領域 (図2における領域C、領域D') を推定する。気象エコー領域判定処理は、ST14と同様の処理を用いることができる。ただし、ここで使用する気象パラメータは、ドップラ速度の挙動に依存しない、すなわち、ゼロドップラとゼロドップラ以外とで挙動が等しいパラメータを用いる。表1の例では、信号強度変動量や、レーダ反射因子差変動量を用いる。

[0039] ステップ16 (ST16) である気象エコー領域再構成ステップは、第1の気象エコー領域と第2の気象エコー領域とを合わせた領域を気象エコー領域と決定するものである。詳しくは、ST14で求めた第1の気象エコー領域と、ST15で求めた第2の気象エコー領域の和集合により第3の気象エコー領域 (図2における領域B'、領域C、領域D、領域D') を算出する。ST14の第1の気象エコー領域では気象エコー領域から地形エコー領域を確実に除去するために (地形エコーと挙動が類似する) 気象エコーの減衰を許容する気象パラメータを用いて判定を行う。一方、ST15の第2の気象エコー領域では気象エコー領域のみを抽出するため、気象エコーと地形エコーとが重畳した領域の抽出が困難である。そこで、両者を統合することでゼロドップラ領域を含んだ本来の気象エコー領域の再現が可能となる。

[0040] なお、ステップ16 (ST16) において、和集合算出の際、第1の気象エコー領域には地形エコー除去処理により抑圧されている可能性はあるもの

のゼロドップラの気象エコー領域Cのレンジセルが含まれるためこの領域Cのレンジセルと、第2の気象エコー領域に含まれる領域Cのレンジセルとが重複する。第1の気象エコー内の気象エコーと地形エコー重複領域と、第2の気象エコーのレンジセルとが重複した場合は、地形エコー除去の影響を受けていない第2の気象エコーのレンジセルを選択する。また同様に、第1の気象エコー領域内の領域Dのレンジセルと、第2の気象エコー領域のレンジセルとが重複する可能性がある。この場合は、地形エコー等との比較評価を経ており気象エコーとしての信頼性が高い第1の気象エコー領域（領域D）のレンジセルを選択する。

[0041] 気象パラメータ出力ステップであるステップ17（ST17）は、気象パラメータ出力部13が、ST16で求めた最終的な気象エコー領域である第3の気象エコー領域（領域B'、領域C、領域D、領域D'）に対応するレンジセルの気象パラメータ（ST13で算出済）を出力する。なお、好ましくは、気象エコー領域判定部11（ST15）は、気象パラメータのうち、信号強度の変動量、スペクトル幅変動量、レーダ反射因子差の変動量、偏波間相関係数の変動量の少なくとも一つを用いることができる。好ましくは、エコー類別部10（ST14）は、気象パラメータのうち、ドップラスペクトルと地形エコー除去後スペクトルとの信号強度差と、信号強度、スペクトル幅、位相の変動量、信号強度の変動量、スペクトル幅変動量、レーダ反射因子差の変動量、偏波間位相差の変動量のうち少なくとも一つとを用いることができる。

[0042] 以上のように、実施の形態1に係る信号処理装置及び信号処理方法は、気象エコーと地形エコーの弁別性能が高い判定による気象エコー領域の判定結果と、気象エコーのみ判定結果を統合し、最終的な気象エコー領域を構成しているため、地形エコー除去処理により減衰したゼロドップラの気象エコーを復元でき、その結果、精度の高い気象パラメータを得ることができる。

[0043] 実施の形態2.

この発明の実施の形態2に係る信号処理装置及び信号処理方法については

図 1、図 2、図 4、図 5 を用いて説明する。特に、実施の形態 2 に係る信号処理方法については図 5 を用いて説明する。実施の形態 2 と実施の形態 1 とで共通の部分は説明を省略する場合がある。本願の図中、同一符号は、同一又は相当部分を示しそれらについての詳細な説明は省略する場合がある。実施の形態 1 に係る信号処理装置及び信号処理方法では、第 1 の気象エコー領域と第 2 の気象エコー領域の和集合を最終的な（第 3 の）気象エコー領域としていたが、異なる形態によりゼロドップラの減衰を低減した気象エコー領域を構成することもできる。実施の形態 2 に係る信号処理装置の機能ブロック構成は、実施の形態 1 と同じく図 1 である。実施の形態 2 は、エコー類別部 10 及び気象エコー領域再構成部 12 の動作が実施の形態 1 とは異なる。

[0044] 実施の形態 2 に係る信号処理装置では、エコー類別部 10 が（エコー類別ステップで）、少なくとも気象エコーと地形エコーとが混在する領域を含む第 1 の混在領域を実施の形態 1 でいう第 1 の気象エコー領域として求める。好ましくは、エコー類別部 10 が（エコー類別ステップで）、第 1 の混在領域と、第 1 の混在領域以外の気象エコーが存在する第 1 の気象エコー領域とを求める。気象エコー領域再構成部 12（気象エコー領域再構成ステップ）は、第 1 の混在領域における第 1 の混在領域と第 2 の気象エコー領域との重複領域以外を第 2 の混在領域とし、重複領域のうち、第 2 の気象エコー領域に相当する部分（結果的に、ドップラ速度ゼロの気象エコー領域となる部分）を共通領域として、第 2 の混在領域と共通領域とを合わせた領域を最終的な気象エコー領域と決定する。好ましくは、気象エコー領域再構成部 12 が（気象エコー領域再構成ステップで）、第 2 の混在領域と共通領域とを合わせた領域に「第 1 の混在領域以外の気象エコーが存在する第 1 の気象エコー領域」を加えた領域を最終的な気象エコー領域と決定する。

[0045] 図 5 のフローチャートを用いて、実施の形態 2 に係る信号処理方法（実施の形態 2 に係る信号処理装置の動作）を詳しく説明する。ステップ 24（ST 24）からステップ 26（ST 26）のみを実施の形態 2 に係る信号処理方法としてもよい。図 5 において、ステップ 21 からステップ 23（ST 2

1 から S T 2 3) は、それぞれ図 3 に記載のステップ 1 1 からステップ 1 3 (S T 1 1 から S T 1 3) と同様の処理である。実施の形態 1 では、その後のエコー類別部 1 0 の処理 (図 3 の S T 1 4) では、気象エコーのみと判定された領域 D と、気象エコーと地形エコーの混在領域と判定された領域に対して地形エコー除去を行った結果、領域 B' (地形エコー除去前の混在領域は領域 B、領域 C であるが、地形エコー除去により領域 C は減衰し領域 B' のみが残った) を統合し第 1 の気象エコー領域 (領域 B'、領域 D) としていた。

[0046] 一方、実施の形態 2 では、エコー類別ステップであるステップ 2 4 (S T 2 4) は、気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて、少なくとも気象エコーと地形エコーとが混在する領域を含む第 1 の混在領域を求めるものである。詳しくは、S T 2 4 では気象エコーのみと判定された領域 D を第 1 の気象エコー領域とし、地形エコー除去処理前の混在領域である領域 B、領域 C を、第 1 の混在領域とする。その後、第 2 の気象エコー領域 C D' を求めるステップ 2 5 (S T 2 5) は図 3 の S T 1 5 と同様である。

[0047] 次に、気象エコー領域再構成ステップであるステップ 2 6 (S T 2 6) を行う。S T 2 6 は、第 1 の混在領域における第 1 の混在領域と第 2 の気象エコー領域との重複領域以外を第 2 の混在領域とし、重複領域のうち、第 2 の気象エコー領域に相当する部分を共通領域として、第 2 の混在領域と共通領域とを合わせた領域を気象エコー領域と決定するものである。詳しくは、気象エコー領域再構成部 1 2 において、S T 2 4 で得られた、第 1 の混在領域 (領域 B、領域 C) と、S T 2 5 で得られた第 2 の気象エコー領域 (領域 C、領域 D') との共通領域である領域 C を、第 1 の混在領域 (領域 B、領域 C) から減じて生成した第 2 の混在領域 (領域 B) と、共通領域である領域 C と、S T 2 4 で得られた第 1 の気象エコー領域 D の和集合を求め、最終的な気象エコー領域である第 3 の気象エコー領域 (領域 B、領域 C、領域 D) を生成する。最後に、第 2 の混在領域の値を地形エコー除去後の値に置き換

え（この操作で領域Bは領域B'となる）、ST26で求めた第3の気象エコ領域（領域B'、領域C、領域D）に対応するレンジセルの気象パラメータ（ST23で算出済）を出力する（ST27）。

[0048] 実施の形態2に係る信号処理装置及び信号処理方法で得られる第3の気象エコ領域（領域B'、領域C、領域D）と、実施の形態1に係る信号処理装置及び信号処理方法で得られる第3の気象エコ領域（領域B'、領域C、領域D、領域D'）との違いは、領域D'を含むか否かである。領域D'は気象パラメータの空間的な変動量（テクスチャ）に基づいて抽出された領域であり、ゼロドップラの影響を受けにくい利点はある。しかし、気象エコとしての性質の有無に基づいた評価のみを行い地形エコである可能性を排除していないため、地形エコや雑音等の信号が混入している可能性がゼロではない。したがって、受信信号の信号対雑音電力比が比較的低い場合や、気象エコと地形エコの差異が出にくい状況では、実施の形態2に係る信号処理装置及び信号処理方法で得られる第3の気象エコ領域（領域B'、領域C、領域D）の方が、気象エコの検知性能が高い可能性がある。

[0049] 以上のように、実施の形態2に係る信号処理装置及び信号処理方法は、ゼロドップラを持つ気象エコ領域のみを明示的に特定し最終的な気象エコ領域を構成しているので、地形エコ除去処理によるゼロドップラ領域の気象エコの減衰を回避でき、その結果、精度の高い気象パラメータを得ることができる。また、実施の形態2に係る信号処理装置及び信号処理方法は、地形エコが混入する可能性が低い気象エコ領域を用いて最終的な気象エコ領域を構成しているので、気象エコ領域の検知性能が向上し、その結果、精度の高い気象パラメータを得ることができる。

[0050] 実施の形態3.

この発明の実施の形態3に係る信号処理装置及び信号処理方法については図2、図4、図6、図7を用いて説明する。特に、実施の形態3に係る信号処理方法については図7を用いて説明する。図6は、実施の形態3に係る信号処理装置を適用した気象レーダ装置（観測装置、計測装置）の機能ブロッ

ク図である。図3とは異なる機能ブロックの構成でも本願は実施できる。つまり、図3に示すものは、一例のブロック構成である。実施の形態3と実施の形態1及び2とで共通の部分は説明を省略する場合がある。本願の図中、同一符号は、同一又は相当部分を示しそれらについての詳細な説明は省略する場合がある。実施の形態2では、エコー類別処理によって混在領域と判定された領域と、気象エコーパラメータの空間的変動（テクスチャ）の性質に基づいて気象エコー領域と判定された領域の共通部分を結果的にゼロドップラ領域として抽出していた。実施の形態3では、ゼロドップラ領域を、気象パラメータとしてドップラ速度を用いることで直接得るものである。

[0051] 実施の形態3は、エコー領域判定部11（気象エコー領域判定部11）及び気象エコー領域再構成部12の動作が実施の形態2とは異なり、エコー領域判定部11（気象エコー領域判定部11）に代えて、エコー領域判定部14（ゼロドップラ領域判定部14）を備えている。図7において、ゼロドップラ領域判定部14（エコー領域判定部14）は、気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求めるものである。詳しくは、ドップラ速度ゼロを中心とした予め定められたドップラ速度閾値の範囲内にある領域、及び、スペクトル幅が所定のスペクトル幅閾値の範囲内にある領域の少なくとも一方の領域をドップラ速度ゼロの気象エコー領域として求めるものである。気象エコー領域再構成部12は、第1の気象エコー領域（厳密には、第1の混在領域、又は、第1の混在領域及び第1の混在領域以外の気象エコーが存在する第1の気象エコー領域）とドップラ速度ゼロの気象エコー領域とから、気象エコー領域を決定するものである。

[0052] 図6に示すゼロドップラ領域判定部14は、気象パラメータ推定部9で生成された気象パラメータのうちドップラ速度を用いて、ゼロドップラ速度のレンジセルを特定する処理を行う。なお、ゼロドップラ領域は、ドップラ速度がナイキスト速度を超えて折り返して再びゼロ付近になった領域でも生じることから、ここで用いるドップラ速度は折り返し補正前のものとする。次に、図6および図7を用いて、実施の形態3に係る信号処理方法（実施の形

態３に係る信号処理装置の動作）を説明する。

[0053] 図７のフローチャートを用いて、実施の形態３に係る信号処理方法（実施の形態３に係る信号処理装置の動作）を詳しく説明する。ステップ３４（ＳＴ３４）からステップ３６（ＳＴ３６）のみを実施の形態３に係る信号処理方法としてもよい。図７において、ステップ３１からステップ３４（ＳＴ３１からＳＴ３４）は、それぞれ図５に記載のステップ２１からステップ２４（ＳＴ２１からＳＴ２４）と同様の処理である。ステップ３５（ＳＴ３５）であるゼロドップラ領域判定ステップ（エコー領域判定ステップ）は、気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求めるものである。詳しくは、ゼロドップラ領域判定部１４において、ＳＴ３３で得られた気象パラメータからドップラ速度がゼロプラスマイナス所定のドップラ速度閾値の範囲内にあり、かつ／もしくは、スペクトル幅が所定のスペクトル幅閾値の範囲内にある領域をゼロドップラ領域Ｃと判定する。

[0054] 次に、ステップ３６（ＳＴ３６）である気象エコー領域再構成ステップは、第１の混在領域における第１の混在領域とドップラ速度ゼロの気象エコー領域との重複領域以外を第２の混在領域とし、ドップラ速度ゼロの気象エコー領域を共通領域として、第２の混在領域と共通領域とを合わせた領域を最終的な気象エコー領域と決定するものである。詳しくは、ＳＴ３５で得られたゼロドップラ領域（領域Ｃ）を、ＳＴ３４で得られた第１の混在領域（領域Ｂ、領域Ｃ）から減じて求めた第２の混在領域（領域Ｂ）と、ゼロドップラ領域（領域Ｃ）と、ＳＴ３４で得られた第１の気象エコー領域（領域Ｄ）との和集合として、最終的な気象エコー領域である第３の気象エコー領域（領域Ｂ、領域Ｃ、領域Ｄ）を求める。ＳＴ３７は、図５のＳＴ２７と同様である。なお、領域Ｂのレンジセルの値は地形エコー除去後の値に置き換える（領域Ｂ'となる）。

[0055] 実施の形態３に係る信号処理装置及び信号処理方法では、直接ドップラ速度ゼロ付近が特定できることから、ゼロドップラ領域の推定精度が向上する。以上のように、実施の形態３に係る信号処理装置及び信号処理方法は、ゼ

ロドップラ領域を直接ドップラ速度から特定しているので、ゼロドップラ領域の推定精度が向上し、その結果、精度の高い気象パラメータを得ることができる。

[0056] 図8は、実施の形態1から3に係る信号処理装置を適用した気象レーダ装置（観測装置、計測装置）の機能ブロック図である。図8とは異なる機能ブロックの構成でも本願は実施できる。つまり、図8に示すものは、一例のブロック構成である。図8において、エコー領域判定部15は、気象エコー領域判定部11及びゼロドップラ領域判定部14の少なくとも一方の機能を有するものである。

[0057] 図8に示すように、実施の形態1から3に係る信号処理装置は、パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射されたパルス波動の反射波の受信信号、受信信号から導出されたドップラスペクトル、ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから気象パラメータを求める気象パラメータ推定部9と、気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求めるエコー類別部10と、気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求めるエコー領域判定部11（気象エコー領域判定部11）、又は、気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求めるエコー領域判定部14（ゼロドップラ領域判定部14）と、第1の気象エコー領域と第2の気象エコー領域とから、又は、第1の気象エコー領域とドップラ速度ゼロの気象エコー領域とから、気象エコー領域（第3の気象エコー領域）を決定する気象エコー領域再構成部12と、気象エコー領域再構成部12が決定した気象エコー領域（第3の気象エコー領域）に相当するレンジセルにおける気象パラメータを出力する気象パラメータ出力部13とを備えているといえる。

[0058] 実施の形態1から3に係る信号処理方法は、気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求めるエコー類別ステップと、気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度

に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求めるエコー領域判定ステップ（気象エコー領域判定ステップ）、又は、気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求めるエコー領域判定ステップ（ゼロドップラ領域判定ステップ）と、第1の気象エコー領域と第2の気象エコー領域とから、又は、第1の気象エコー領域とドップラ速度ゼロの気象エコー領域とから、気象エコー領域（第3の気象エコー領域）を決定する気象エコー領域再構成ステップとを備えているといえる。

[0059] 実施の形態1から3に係る信号処理装置及び信号処理方法は、受信信号から導出した気象パラメータを用いて、対象とするレンジセルが気象エコーであるか、地形エコーであるか等の類別を行い、ゼロドップラを持つ気象エコー領域に対して、地形エコー除去処理を行わないように気象エコーを再構成するので、気象エコーの減衰を低減し、精度の高い気象パラメータ推定を行うことができる。

符号の説明

[0060] 1 送信部、2 送受信切替部、3 空中線部（アンテナ部、波動送出・受入部）、4 受信部、5 信号処理部、6 表示部、7 スペクトル算出部、8 地形エコー除去部、9 気象パラメータ推定部、10 エコー類別部、11 気象エコー領域判定部（エコー領域判定部）、12 気象エコー領域再構成部、13 気象パラメータ出力部、14 ゼロドップラ領域判定部（エコー領域判定部）、15 エコー領域判定部。

請求の範囲

- [請求項1] パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射された前記パルス波動の反射波の受信信号、前記受信信号から導出されたドップラスペクトル、前記ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから気象パラメータを求める気象パラメータ推定部と、前記気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求めるエコー類別部と、前記気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求める、又は、前記気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求めるエコー領域判定部と、前記第1の気象エコー領域と前記第2の気象エコー領域とから、又は、前記第1の気象エコー領域と前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域とから、気象エコー領域を決定する気象エコー領域再構成部と、前記気象エコー領域再構成部が決定した気象エコー領域に相当するレンジセルにおける前記気象パラメータを出力する気象パラメータ出力部とを備えたことを特徴とする信号処理装置。
- [請求項2] 前記エコー類別部は、少なくとも前記気象エコーと前記地形エコーとが混在する領域を含む第1の混在領域を前記第1の気象エコー領域として求め、
- 前記気象エコー領域再構成部は、前記第1の混在領域における前記第1の混在領域と前記第2の気象エコー領域との重複領域以外を第2の混在領域とし、前記重複領域のうち、前記第2の気象エコー領域に相当する部分を共通領域として、前記第2の混在領域と前記共通領域とを合わせた領域を前記気象エコー領域と決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] 前記エコー領域判定部は、前記気象パラメータのうち、信号強度の変動量、スペクトル幅変動量、レーダ反射因子差の変動量、偏波間相関係数の変動量の少なくとも一つを用いることを特徴とする請求項2

に記載の信号処理装置。

[請求項4] 前記エコー類別部は、少なくとも前記気象エコーと前記地形エコーとが混在する領域を含む第1の混在領域を前記第1の気象エコー領域として求め、

前記気象エコー領域再構成部は、前記第1の混在領域における前記第1の混在領域と前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域との重複領域以外を第2の混在領域とし、前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域を共通領域として、前記第2の混在領域と前記共通領域とを合わせた領域を前記気象エコー領域と決定する請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項5] 前記エコー領域判定部は、前記ドップラ速度ゼロを中心とした予め定められたドップラ速度閾値の範囲内にある領域、及び、スペクトル幅が所定のスペクトル幅閾値の範囲内にある領域の少なくとも一方の領域を前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域として求めることを特徴とする請求項4に記載の信号処理装置。

[請求項6] 前記エコー類別部は、前記気象パラメータのうち、前記ドップラスペクトルと前記地形エコー除去後スペクトルとの信号強度差と、信号強度、スペクトル幅、位相の変動量、信号強度の変動量、スペクトル幅変動量、レーダ反射因子差の変動量、偏波間位相差の変動量のうち少なくとも一つとを、用いることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の信号処理装置。

[請求項7] パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射された前記パルス波動の反射波の受信信号、前記受信信号から導出されたドップラスペクトル、前記ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから求められた気象パラメータを用いた信号処理方法において、

前記気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて第1の気象エコー領域を求めるエコー類別ステップと、前記気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求めるエコー領域判定ステップと、前記第1の気象エコー領域と前記第2の気象エコー領域とを合わせた領域を気象エコー領域と決定する気象エコー領域再構成ステップとを備えたことを特徴とする信号処理方法。

[請求項8]

パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射された前記パルス波動の反射波の受信信号、前記受信信号から導出されたドップラスペクトル、前記ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから求められた気象パラメータを用いた信号処理方法において、

前記気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて、少なくとも前記気象エコーと前記地形エコーとが混在する領域を含む第1の混在領域を求めるエコー類別ステップと、前記気象パラメータのうち、挙動がドップラ速度に非依存のものを用いて第2の気象エコー領域を求めるエコー領域判定ステップと、前記第1の混在領域における前記第1の混在領域と前記第2の気象エコー領域との重複領域以外を第2の混在領域とし、前記重複領域のうち、前記第2の気象エコー領域に相当する部分を共通領域として、前記第2の混在領域と前記共通領域とを合わせた領域を気象エコー領域と決定する気象エコー領域再構成ステップとを備えたことを特徴とする信号処理方法。

[請求項9]

前記エコー類別ステップは、前記第1の混在領域以外の気象エコーが存在する第1の気象エコー領域を求め、

前記気象エコー領域再構成ステップは、前記第2の混在領域と前記共通領域とを合わせた領域に第1の気象エコー領域を加えた領域を前記気象エコー領域と決定することを特徴とする請求項8に記載の信号

処理方法。

[請求項10] 前記エコー領域判定ステップは、前記気象パラメータのうち、信号強度の変動量、スペクトル幅変動量、レーダ反射因子差の変動量、偏波間相関係数の変動量の少なくとも一つを用いることを特徴とする請求項7から請求項9のいずれか1項に記載の信号処理方法。

[請求項11] パルス波動が繰り返し空間に送信され、反射された前記パルス波動の反射波の受信信号、前記受信信号から導出されたドップラスペクトル、前記ドップラスペクトルから地形エコーを除去した地形エコー除去後スペクトルから求められた気象パラメータを用いた信号処理方法において、

前記気象パラメータのうち、気象エコーと地形エコーとで挙動が異なるものを用いて、少なくとも前記気象エコーと前記地形エコーとが混在する領域を含む第1の混在領域を求めるエコー類別ステップと、前記気象パラメータを用いてドップラ速度ゼロの気象エコー領域を求めるエコー領域判定ステップと、前記第1の混在領域における前記第1の混在領域と前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域との重複領域以外を第2の混在領域とし、前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域を共通領域として、前記第2の混在領域と前記共通領域とを合わせた領域を気象エコー領域と決定する気象エコー領域再構成ステップとを備えたことを特徴とする信号処理方法。

[請求項12] 前記エコー類別ステップは、前記第1の混在領域以外の気象エコーが存在する第1の気象エコー領域を求め、

前記気象エコー領域再構成ステップは、前記第2の混在領域と前記共通領域とを合わせた領域に第1の気象エコー領域を加えた領域を前記気象エコー領域と決定することを特徴とする請求項11に記載の信号処理方法。

[請求項13] 前記エコー領域判定ステップは、前記ドップラ速度ゼロを中心とした予め定められたドップラ速度閾値の範囲内にある領域、及び、スペ

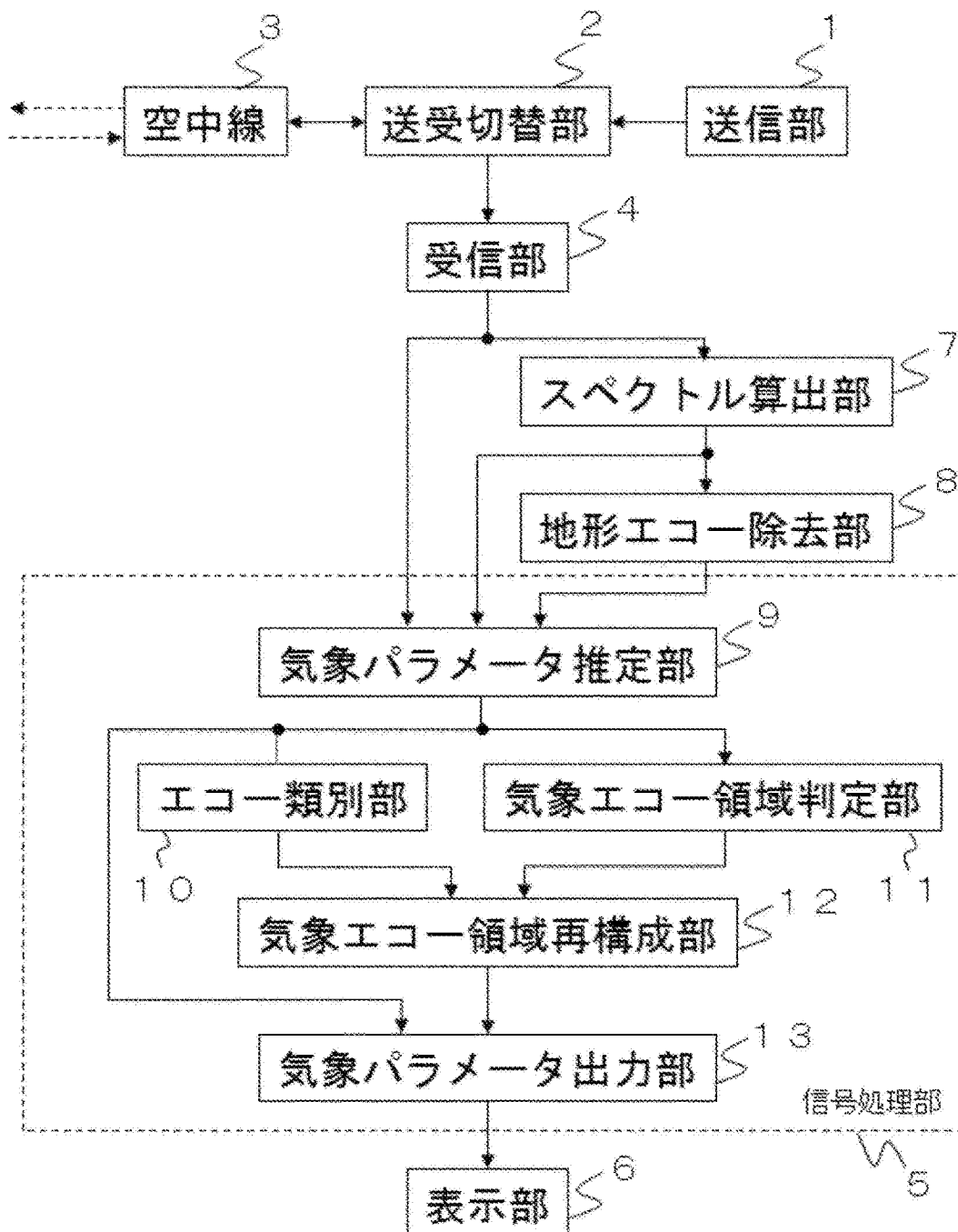
クトル幅が所定のスペクトル幅閾値の範囲内にある領域の少なくとも一方の領域を前記ドップラ速度ゼロの気象エコー領域として求めることを特徴とする請求項 1 1 又は請求項 1 2 に記載の信号処理方法。

[請求項14]

前記エコー類別ステップは、前記気象パラメータのうち、前記ドップラスペクトルと前記地形エコー除去後スペクトルとの信号強度差と、信号強度、スペクトル幅、位相の変動量、信号強度の変動量、スペクトル幅変動量、レーダ反射因子差の変動量、偏波間位相差の変動量のうち少なくとも一つとを、用いることを特徴とする請求項 7 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の信号処理方法。

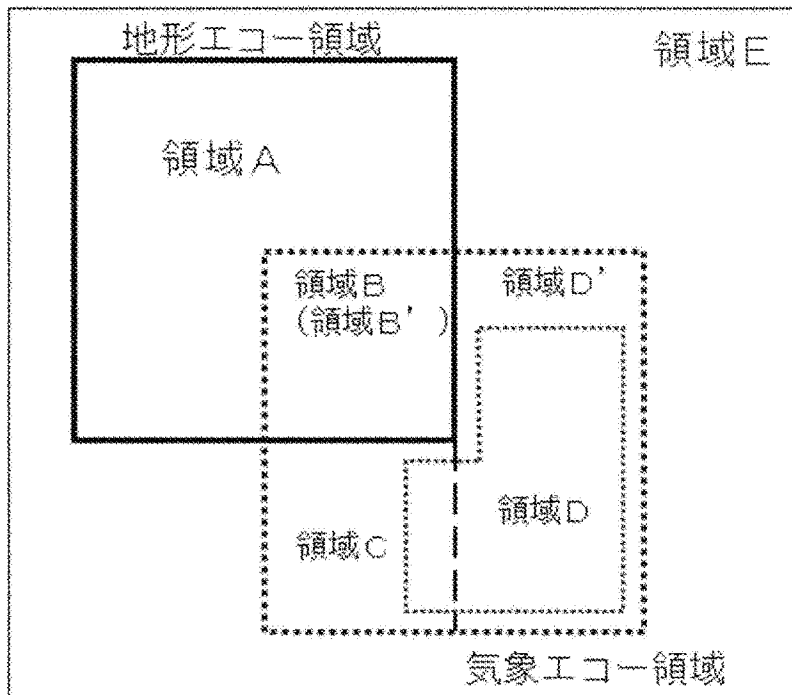
[図1]

図1



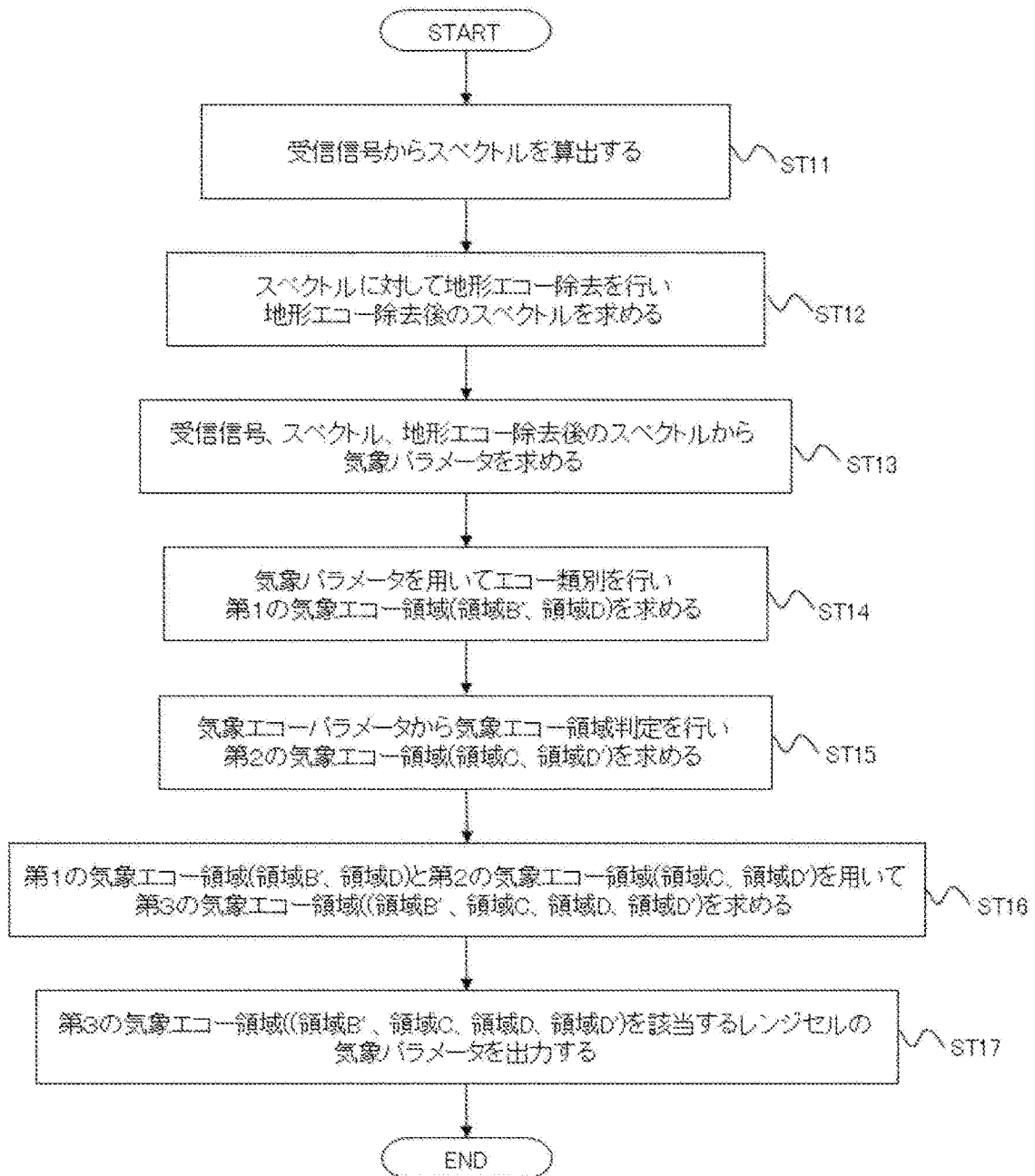
[図2]

図2



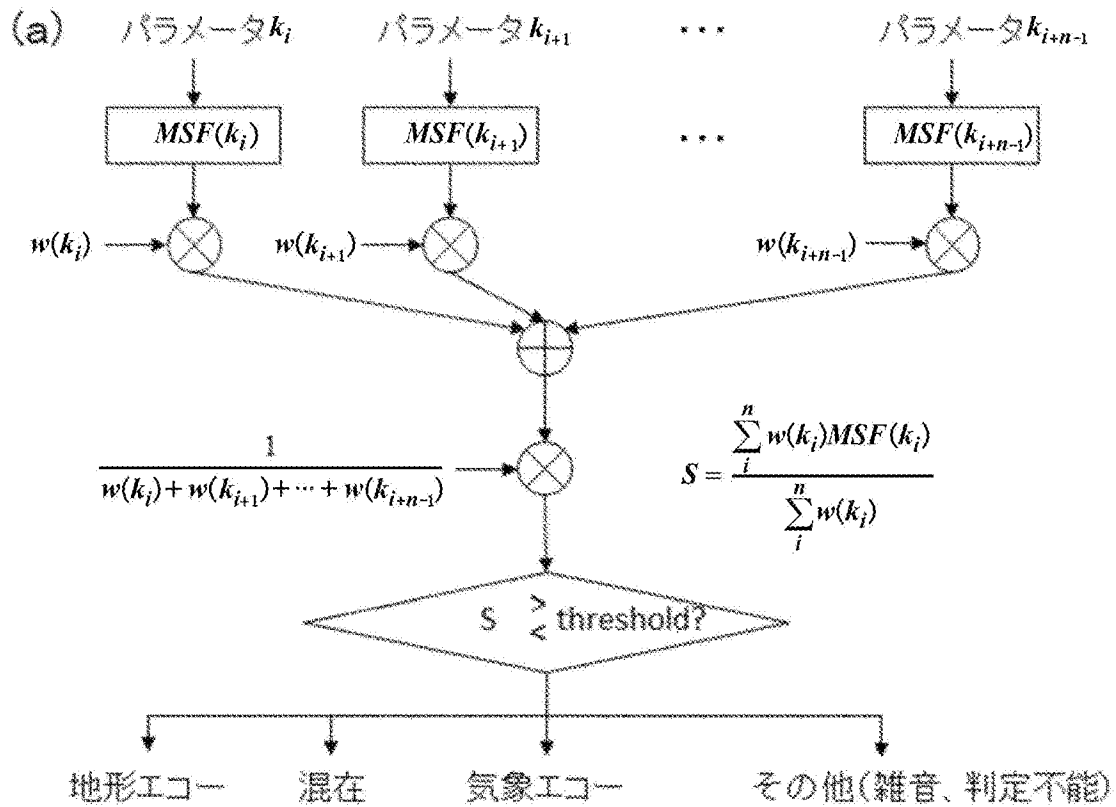
[図3]

図3

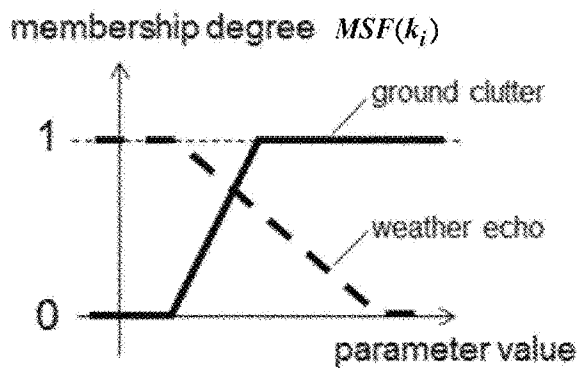


[図4]

図4



(b)



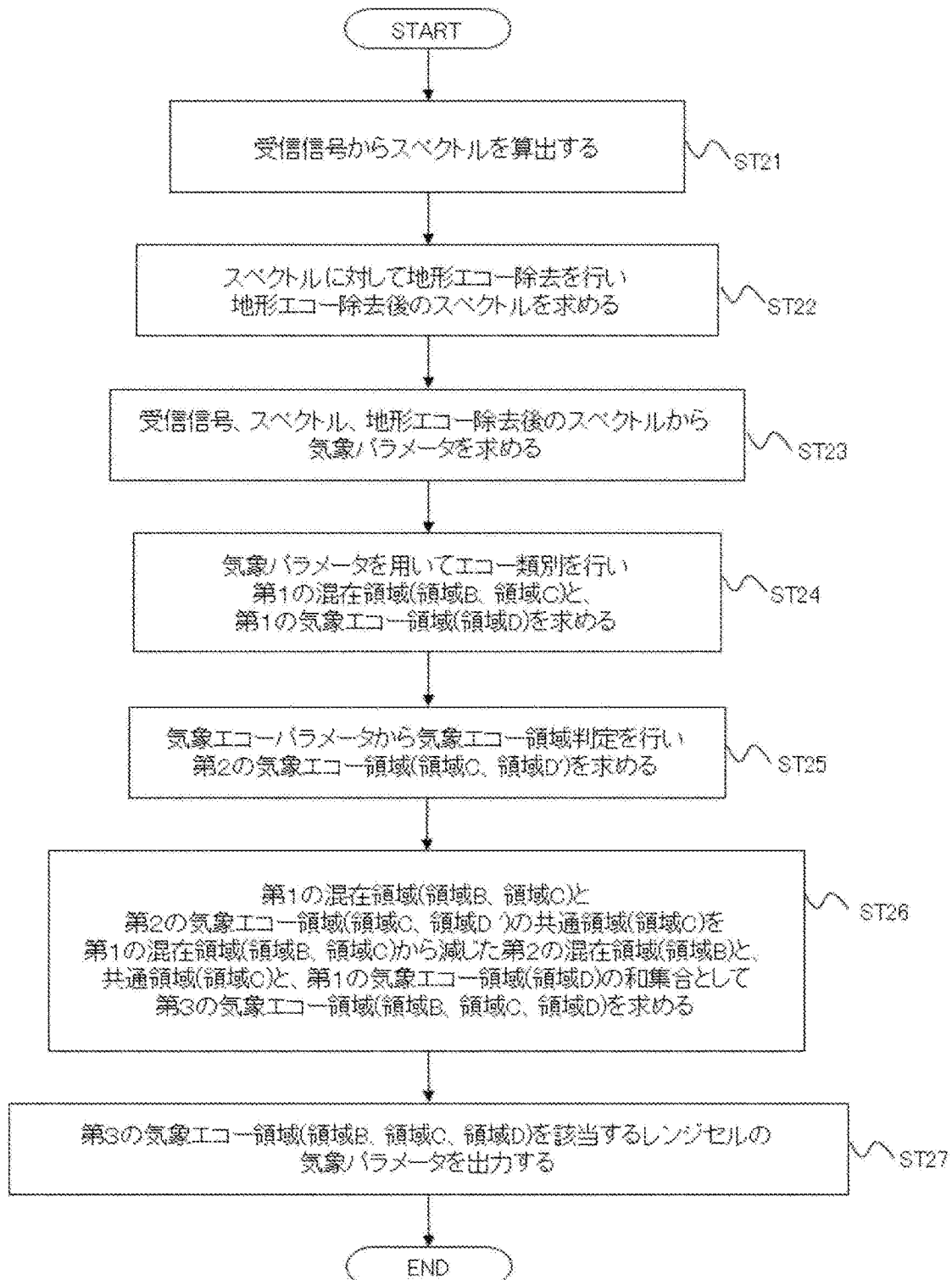
example of membership function

(c)

 $S_c \geq \text{thC1}$ かつ $S_w < \text{thW2} \Rightarrow A$ $\text{thC1} > S_c \geq \text{thC2}$ かつ
 $\text{thW1} > S_w \geq \text{thW2} \Rightarrow B+C$ $S_c < \text{thC2}$ かつ $S_w \geq \text{thW1} \Rightarrow D$ otherwise $\Rightarrow E$ $(\text{thC1} > \text{thC2}, \text{thW1} > \text{thW2})$

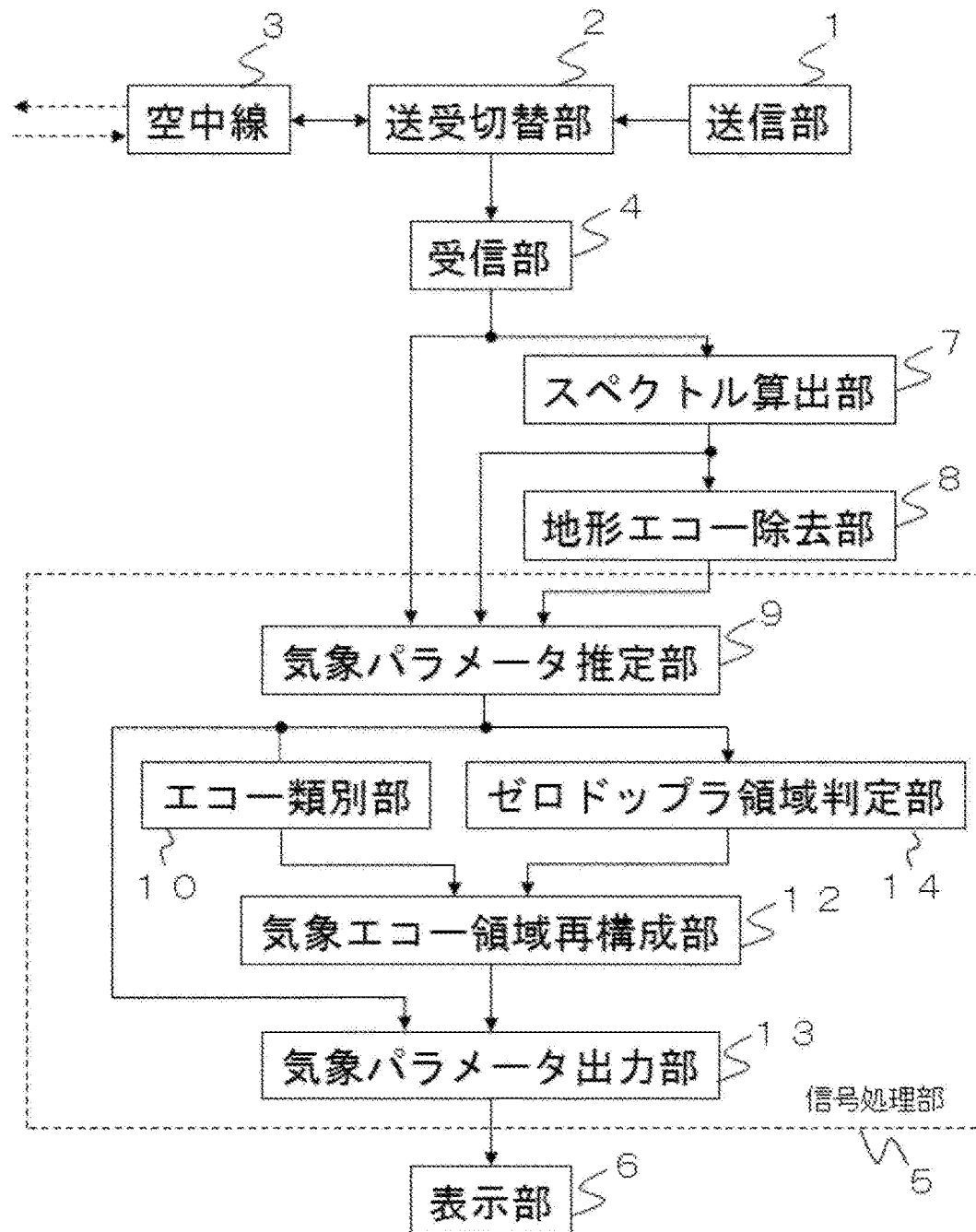
[図5]

図5



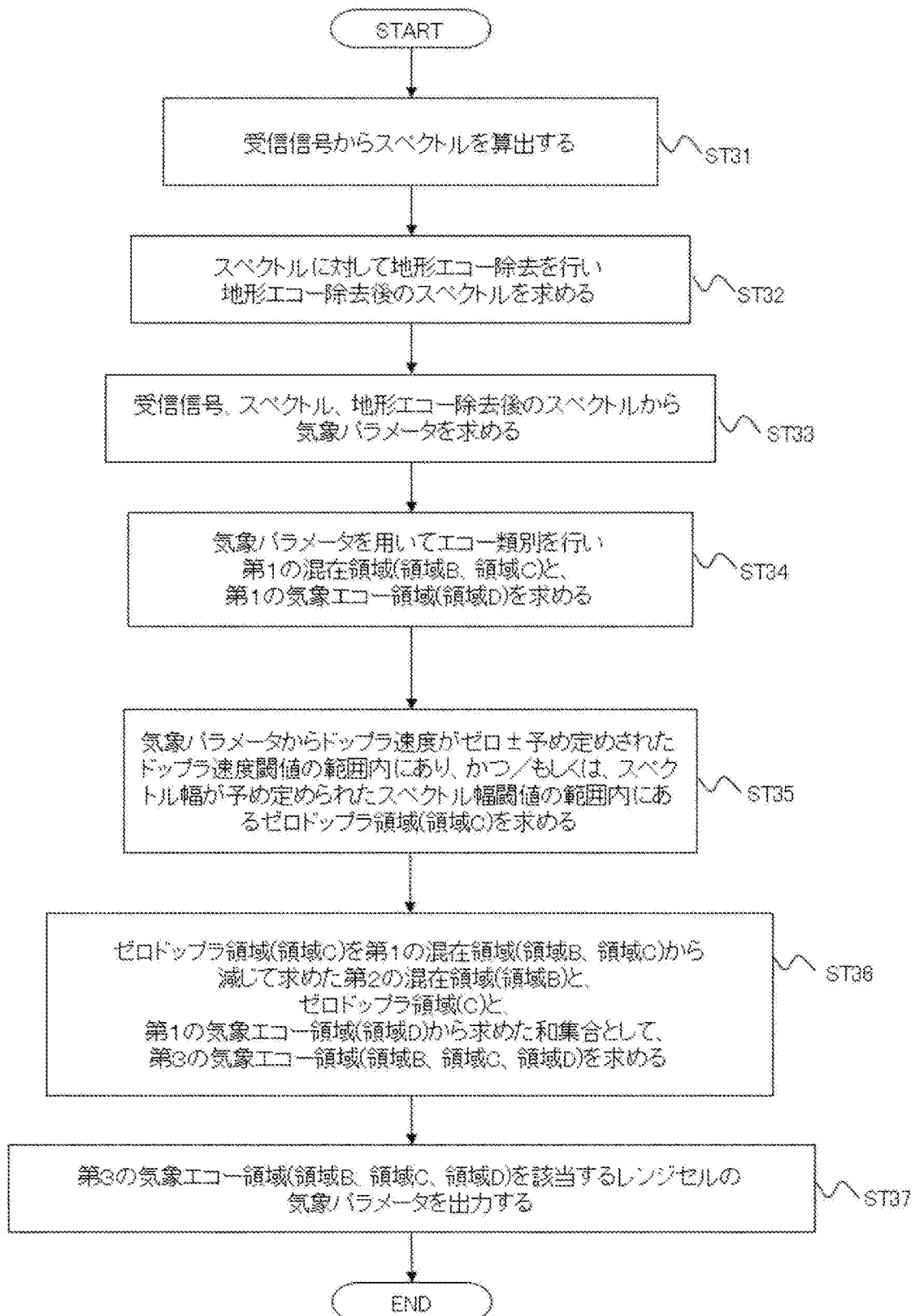
[図6]

図6



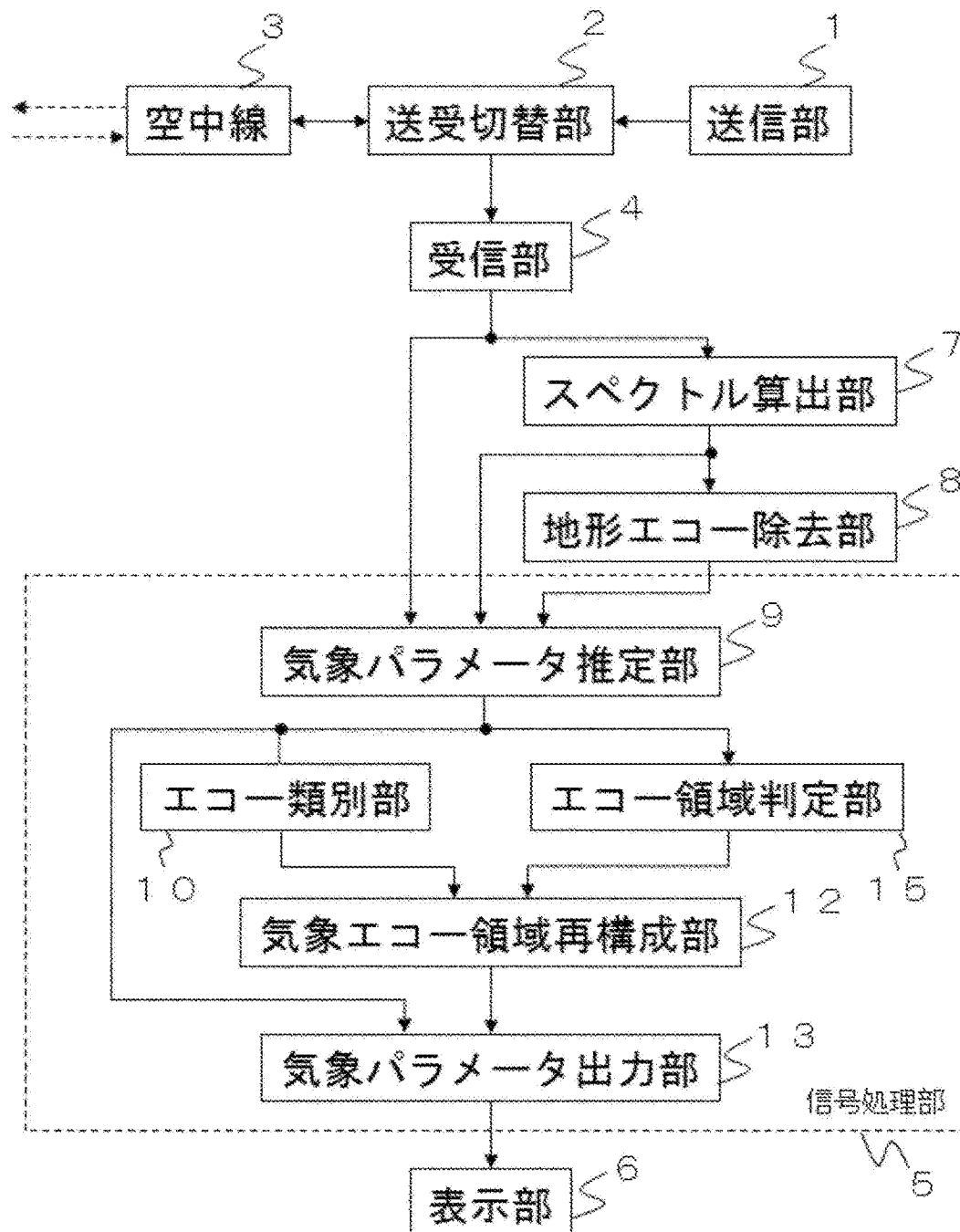
[図7]

図7



[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/023664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01S13/95 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01S7/00-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-112373 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 09 June 2011, paragraphs [0015]-[0019], [0027]- [0030], [0035], [0036], [0040]-[0043], [0049], fig. 2, 4, 5	1-2, 4-5, 11- 13 6-9, 14 3, 10
<u>Y</u> A		
Y	WO 2009/045618 A2 (COLORADO STATE UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION) 09 April 2009, paragraphs [0038]-[0040], [0052], fig. 3, 9C, 9D	7-9



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

05.08.2019

Date of mailing of the international search report

20.08.2019

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

International application No.

PCT/JP2019/023664

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	RYZHKOV, A. V. et al. "Polarimetric rainfall estimation in the presence of anomalous propagation", Journal of Atmospheric and Oceanic Technology [online], 01 December 1998 [retrieved on 05 August 2019], vol. 15, no. 6, pp. 1320-1330, retrieved from the Internet <URL:https://doi.org/10.1175/1520-0426%281998%29015%3C1320%3APREITP%3E2.0.CO%3B2>, sections 1, 2, 4, appendix	6, 14
A	KR 10-1528525 B1 (KYUNGPOOK NAT UNIV IND ACAD) 12 June 2015, paragraphs [0032], [0037]-[0097], fig. 1-13	1-14
A	SIGGIA, A. D. et al. "Gaussian model adaptive processing (GMAP) for improved ground clutter cancellation and moment calculation", Processing of ERAD [online], 2004 [retrieved on 02 August 20019], pp. 67-73, retrieved from the Internet <URL:http://copernicus.org/erad/2004/online/ERAD04_P_67.pdf>, sections 3, 4	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/023664

JP 2011-112373 A 09 June 2011 (Family: none)

WO 2009/045618 A2 09 April 2009 JP 2010-535344 A 18 November 2010
US 2009/0033542 A1 05 February 2009
CA 2694603 A1 09 April 2009

KR 10-1528525 B1 12 June 2015 (Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S13/95(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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）

JSTPlus/ JST7580 (JDreamIII)

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
X	JP 2011-112373 A (三菱電機株式会社) 2011.06.09	1-2, 4-5, 11-13
Y	* [0015]-[0019], [0027]-[0030], [0035]-[0036], [0040]-[0043], [0049],	6-9, 14
A	図 2, 4-5 *	3, 10
Y	WO 2009/045618 A2 (COLORADO STATE UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION) 2009.04.09 * [0038]-[0040], [0052], 図 3, 図 9C-9D *	7-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「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
「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
「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）
「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

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.08.2019

国際調査報告の発送日

20.08.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高場 正光

2S

2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
Y	RYZHKOV, A.V. <i>et al.</i> "Polarimetric Rainfall Estimation in the Presence of Anomalous Propagation", JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND OSCENIC TECHNOLOGY [online], 1998.12.01 [Retrieved on 2019.08.05], Volume 15, Number 6, Pages 1320-1330, Retrived from the Internet <URL: https://doi.org/10.1175/1520-0426%281998%29015%3C1320%3APREITP%3E2.0.CO%3B2> * Sections 1-2, 4, Appendix *	6, 14
A	KR 10-1528525 B1 (KYUNGPOOK NAT UNIV IND ACAD) 2015.06.12 * [0032], [0037]-[0097], 図 1-13 *	1-14
A	SIGGIA, A.D. <i>et al.</i> "Gaussian model adaptive processing (GMAP) for improved ground clutter cancellation and moment calculation", PROCESSING OF ERAD [online], 2004 [retrieved on 20019.08.02], Pages 67-73, Retrieved from the Internet <URL: http://copernicus.org/erad/2004/online/ERAD04_P_67.pdf> * Sections 3-4 *	1-14

JP 2011-112373 A	2011.06.09	(ファミリーなし)	
WO 2009/045618 A2	2009.04.09	JP 2010-535344 A	2010.11.18
		US 2009/0033542 A1	2009.02.05
		CA 2694603 A1	2009.04.09
KR 10-1528525 B1	2015.06.12	(ファミリーなし)	