(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
2022年11月24日(24.11.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/244388 A1

(51) 国際特許分類:
G01W 1/00 (2006.01) *G01N 21/3504* (2014.01)
G01J 1/42 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/009544

(22) 国際出願日： 2022年3月4日(04.03.2022)

(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 2021-084140 2021年5月18日(18.05.2021) JP

(71) 出願人: 古野電気株式会社 (**FURUNO ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 Hyogo (JP).

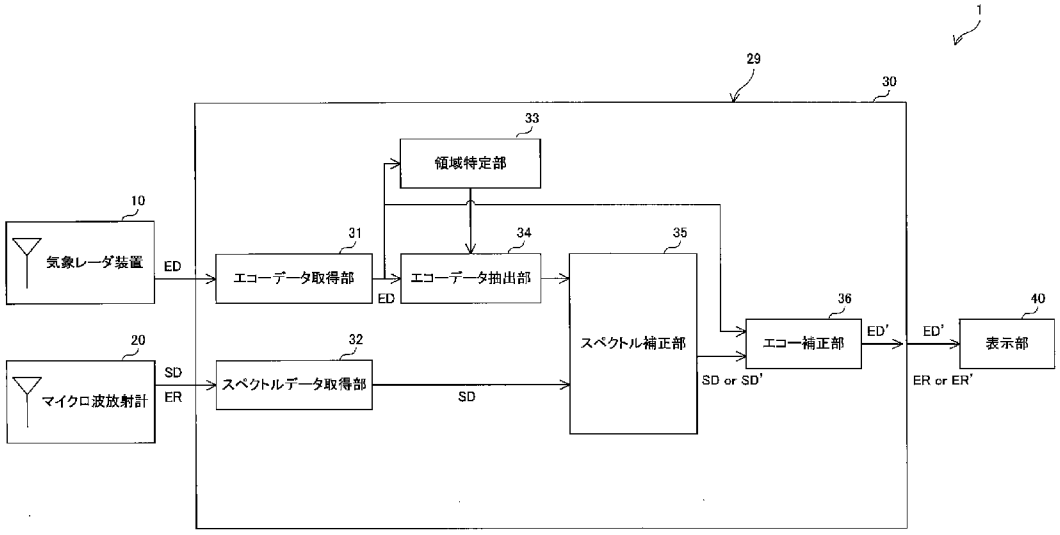
(72) 発明者: 箕輪 昌裕 (**MINOWA, Masahiro**); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP).

(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, IT, JM, 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,

WO 2022/244388 A1

(54) **Title:** WEATHER OBSERVATION DEVICE, WEATHER OBSERVATION SYSTEM, AND WEATHER OBSERVATION METHOD

(54) 発明の名称： 気象観測装置、気象観測システム、および、気象観測方法



10 Weather radar device
20 Microwave radiometer
31 Echo data acquisition unit
32 Spectrum data acquisition unit
33 Region identification unit
34 Echo data extraction unit
35 Spectrum correction unit
36 Echo correction unit
40 Display unit

(57) **Abstract:** Provided are a weather observation device, a weather observation system, and a weather observation method that make it possible to more accurately measure the amount of water vapor in the atmosphere using a microwave radiometer, even in situations where it is difficult for the microwave radiometer to accurately measure the amount of water vapor in the atmosphere. A weather observation device (30) comprises: an echo data acquisition unit (31) that acquires echo data detected by a weather radar device (10); a water vapor spectrum data acquisition unit (32) that acquires water vapor

[続葉有]

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))

spectrum data for identifying the amount of water vapor detected by a microwave radiometer (20); a region identification unit (33) that identifies a region for acquiring the water vapor spectrum data; an echo data extraction unit (34) that extracts echo data existing in the region; and a spectrum correction unit (35) that corrects the water vapor spectrum data on the basis of the echo intensity of the echo data extracted by the echo data extraction unit (34).

(57) 要約:マイクロ波放射計が大気中の水蒸気量を正確に測定することが困難な状況にあっても、マイクロ波放射計を用いた大気中の水蒸気量をより正確に測定できる気象観測装置、気象観測システム、および、気象観測方法を提供する。 気象観測装置(３０)は、気象レーダ装置(１０)で検出されたエコーデータを取得するエコーデータ取得部(３１)と、マイクロ波放射計(２０)で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルデータを取得する水蒸気スペクトルデータ取得部(３２)と、前記水蒸気スペクトルデータを取得する領域を特定する領域特定部(３３)と、前記領域に存在するエコーデータを抽出するエコーデータ抽出部(３４)と、前記エコーデータ抽出部(３４)で抽出した前記エコーデータのエコー強度に基づいて、前記水蒸気スペクトルデータを補正するスペクトル補正部(３５)と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ：

気象観測装置、気象観測システム、および、気象観測方法

技術分野

[0001] 本発明は、気象観測装置、気象観測システム、および、気象観測方法に関する。

背景技術

[0002] 気象レーダとして、Ｘバンドレーダ等のレーダ装置が知られている（例えば、特許文献１参照）。気象レーダ装置は、当該気象レーダ装置の周囲に送信波（電波）を送信し、水分等に反射した反射波等を受信波として受信する。そして、気象レーダ装置は、受信波に信号処理を施すことで、気象レーダアンテナからの距離とエコー信号の強さとの関係を示すエコーデータを、気象データとして生成する。

[0003] また、マイクロ波放射計は、大気中の観測領域からの自然放射を受信波（マイクロ波）として受信することで、観測領域における水蒸気量等を計測する（例えば、特許文献２参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１１－５９０１６号公報

特許文献2：特開２０１０－１０７４５８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した気象観測装置のうち、マイクロ波放射計は、雨の影響を受け易く、雨天時に大気中の水蒸気量を正確に推定することが難しい。

[0006] 本発明は、上記実情に鑑みることにより、マイクロ波放射計が大気中の水蒸気量を正確に測定することが困難な状況にあっても、マイクロ波放射計を用いた大気中の水蒸気量をより正確に測定できる気象観測装置、気象観測シ

ステム、および、気象観測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

[0007] （１）上記課題を解決するために、この発明のある局面に係わる気象観測装置は、気象レーダ装置で検出されたエコーデータを取得するエコーデータ取得部と、マイクロ波放射計で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルデータを取得する水蒸気スペクトルデータ取得部と、前記水蒸気スペクトルデータを取得する領域を特定する領域特定部と、前記領域に存在するエコーデータを抽出するエコーデータ抽出部と、前記エコーデータ抽出部で抽出した前記エコーデータのエコー強度に基づいて、前記水蒸気スペクトルデータを補正するスペクトル補正部と、を備える。

[0008] （２）前記スペクトル補正部は、前記エコーデータで特定される降水強度を用いて前記水蒸気スペクトルデータを補正する場合がある。

[0009] （３）前記スペクトル補正部は、前記領域における降水強度の略総和に応じて、前記水蒸気スペクトルデータを補正する場合がある。

[0010] （４）前記スペクトル補正部は、当該領域における降水強度の略総和に応じた値を、前記水蒸気スペクトルデータのうち、少なくともピーク値から減算する場合がある。

[0011] （５）前記領域は、前記マイクロ波放射計を基準とした所定角度の範囲の領域である場合がある。

[0012] （６）前記エコーデータに基づいて前記気象レーダ装置の周囲の降水強度を示すエコー画像と、前記エコー画像のうち前記領域を示す箇所に、前記スペクトル補正部が補正した前記水蒸気スペクトルデータに基づく水蒸気発生エリア画像と、を生成する場合がある。

[0013] （７）上記課題を解決するために、この発明のある局面に係わる気象観測システムは、電磁波を送受信することで自装置の周囲の少なくとも降水強度を含む気象状況を観測する気象レーダ装置と、大気中に含まれる水蒸気から放射される水蒸気のスペクトルデータを受信することで水蒸気量を検出するマイクロ波放射計と、前記気象観測装置と、を備えている。

[0014] （８）上記課題を解決するために、この発明のある局面に係わる気象観測方法は、気象レーダ装置で検出されたエコーデータを取得し、マイクロ波放射計で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルデータを取得し、前記水蒸気スペクトルデータを取得する領域を特定し、前記領域に存在するエコーデータを抽出し、抽出した前記エコーデータのエコー強度に基づいて、前記水蒸気スペクトルデータを補正する。

発明の効果

[0015] 本発明によると、マイクロ波放射計が大気中の水蒸気量を正確に測定することが困難な状況にあっても、マイクロ波放射計を用いた大気中の水蒸気量をより正確に測定できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の一実施形態に係る気象観測システムの構成を示すブロック図である。

[図2]気象観測システムの気象レーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図3]気象観測システムのマイクロ波放射計の構成を示すブロック図である。

[図4]図４（Ａ）は、気象観測システムの観測領域を示す模式的な平面図である。図４（Ｂ）は、気象レーダ装置による観測領域の観測結果を示す模式的なエコー画像である。

[図5]図５（Ａ）～図５（Ｃ）は、それぞれ、マイクロ波放射計による観測領域の観測結果を示す模式的なスペクトル図である。

[図6]関連付け部におけるスペクトルデータ補正処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]水蒸気スペクトルの補正イメージを示す模式図である。

[図8]エコーデータ補正部におけるエコーデータ補正処理の一例を示すフローチャートである。

[図9]補正後エコー画像を示す模式的なエコー図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明を実施するための形態について、図面を参照しつつ説明する

。

[0018] 図１は、本発明の一実施形態に係る気象観測システム１の構成を示すブロック図である。気象観測システム１は、気象レーダ装置１０で得られたデータとしてのエコーデータＥＤと、マイクロ波放射計２０で得られたデータとしてのスペクトルデータＳＤと、を用いることで、マイクロ波放射計２０における観測結果を補正する。この補正により、気象観測システム１は、雨の影響を抑制された状態でより正確な水蒸気量を測定する。また、気象観測システム１は、スペクトルデータＳＤを用いることで、エコーデータＥＤを補正する。このような構成により、気象観測システム１は、気象レーダ装置１０で捉えることのできない、大気中の水蒸気量を観測することが可能である。

[0019] 図２は、気象観測システム１の気象レーダ装置１０の構成を示すブロック図である。図３は、気象観測システム１のマイクロ波放射計２０の構成を示すブロック図である。図４（Ａ）は、気象観測システム１の観測領域ＡＲを示す模式的な平面図である。図４（Ｂ）は、気象レーダ装置１０による観測領域ＡＲの観測結果を示す模式的なエコー画像である。図５（Ａ）～図５（Ｃ）は、それぞれ、マイクロ波放射計２０による観測領域ＡＲの観測結果を示す模式的なスペクトル図である。

[0020] 図４（Ａ）を参照して、気象観測システム１の観測領域ＡＲは、地上に設置された観測点Ｐ１を中心として、所定の半径の領域である。この観測領域ＡＲの半径は、気象レーダ装置１０の周波数帯及び送信電力に応じて異なる。気象レーダ装置１０の周波数帯として、Ｓ帯（２．８ＧＨｚ帯）、Ｃ帯（５ＧＨｚ帯）、Ｘ帯（９．７ＧＨｚ帯）を例示できる。気象レーダ装置１０、および、マイクロ波放射計２０は、観測点Ｐ１から所定の仰角範囲を観測領域ＡＲとして観測する。

[0021] 図４（Ａ）において、一例として、観測領域ＡＲにおいて、降水中の領域である降水領域ＡＲ１を一箇所示している。また、観測領域ＡＲにおいて、降水は生じていないけれども大気中の水分量が他の非降水領域の水分量より

も多い多湿領域を多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３として二箇所示している。多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３は、積乱雲が発生するおそれのある領域であり、いわゆるゲリラ豪雨が発生するおそれのある領域である。本実施形態では、多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３における水蒸気量および雲水量が同じである前提で説明する。

[0022] 図４（Ａ）に示す例において、多湿領域ＡＲ２は、観測点Ｐ１から所定の直線方向（径方向）に沿って降水領域ＡＲ１から真っ直ぐに進んだ位置に存在している。このため、観測点Ｐ１から多湿領域ＡＲ２を見たとき、降水領域ＡＲ１を通して多湿領域ＡＲ２が視認される。また、多湿領域ＡＲ３は、観測点Ｐ１から上記直線方向とは反対の方向に沿って真っ直ぐに進んだ位置に存在している。このため、観測点Ｐ１から多湿領域ＡＲ３を見たとき、降水領域ＡＲ１は通さずに多湿領域ＡＲ３が視認される。

[0023] 図１～図４（Ａ）を参照して、次に、気象観測システム１の構成を説明する。

[0024] 気象観測システム１は、気象レーダ装置１０と、マイクロ波放射計２０と、関連付け部３０（気象観測装置）と、表示部４０と、を有している。

[0025] 気象レーダ装置１０は、電磁波を送受信することで自装置の周囲の少なくとも降水強度を含む気象状況を観測する。気象レーダ装置１０は、アンテナ１１と、サーキュレータ１２と、送信部１３と、受信部１４と、Ａ／Ｄ変換部１５と、信号処理部１６と、を有している。

[0026] アンテナ１１は、電磁波であるレーダ送信波の送信と、電磁波であるレーダ受信波（反射波）の受信と、を行うように構成されている。具体的には、アンテナ１１は、送信部１３からサーキュレータ１２を介して出力されたレーダ送信波を出力する。また、アンテナ１１は、レーダ受信波を受信し、このレーダ受信波を、サーキュレータ１２を介して受信部１４へ出力する。

[0027] アンテナ１１は、観測点Ｐ１上の鉛直軸Ｌ１回りを回転しつつ、観測点Ｐ１の周囲３６０度に対してレーダ送信波を送信するとともに、レーダ受信波を受信する。なお、以下の説明では、レーダ送信波を送信してから次のレー

ダ送信波を送信するまでの動作を、「スイープ」という。また、電磁波の送受信を行いながらアンテナ１１を３６０°回転させる動作を、「スキャン」という。

[0028] 気象レーダ装置１０がレーダ送信波を送信した後に受信されるレーダ受信波は、雨等で反射されたエコー信号を含んでいる。送信部１３で生成されるレーダ送信波は、所定のレーダ送信波形を所定のＲＦ（Radio Frequency）周波数帯にアップコンバートおよび増幅された送信信号である。

[0029] 受信部１４は、アンテナ１１からのレーダ受信波を増幅する。受信部１４は、増幅したレーダ受信波を、Ａ／Ｄ変換部１５に出力する。

[0030] Ａ／Ｄ変換部１５は、アナログ信号であるレーダ受信波をデジタル信号であるレーダ受信信号に変換する。Ａ／Ｄ変換部１５は、レーダ受信信号を信号処理部１６に出力する。

[0031] 信号処理部１６は、レーダ受信信号に所定の信号処理を施すことで、１スイープ毎に、観測点Ｐ１からの距離とエコー強度との関係を示すデータとしてのエコーデータＥＤを生成する。そして、信号処理部１６は、１スキャン分のエコーデータＥＤを生成する。図４（Ｂ）を参照して、１スキャン分のエコーデータＥＤで特定されるエコー画像Ｅにおいて、降水領域ＡＲ１に対応する領域に、降水エコーＥ１が存在している。降水エコーＥ１の信号強度は、気象レーダ装置１０の周囲の降水強度（降水量）に相当する。エコーデータＥＤは、降水量、降水位置、雲水量等の複数の気象パラメータを含んでいる。信号処理部１６で生成されたエコーデータＥＤは、関連付け部３０へ出力される。

[0032] 再び図１～図４（Ａ）を参照して、なお、本実施形態では、気象レーダ装置１０で検出される降水が雨である形態を説明するけれどもこの通りでなくてもよい。気象レーダ装置１０は、降雨以外の雨・雪・雹（ひょう）・霰（あられ）・霜等の降水もエコーとして検出可能である。但し、エコー画像Ｅでは、降水していない領域である多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３に対応する箇所にエコーが存在していない。すなわち、気象レーダ装置１０では、水蒸気の有

無・多少に拠らず、多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３は検出されない。

[0033] 次に、マイクロ波放射計２０の構成を説明する。

[0034] マイクロ波放射計２０は、大気中に含まれる水蒸気から放射される水蒸気のスペクトルデータを受信することで水蒸気量を検出する。マイクロ波放射計２０は、アンテナ２１と、受信部２２と、信号処理部２３と、を有している。

[0035] アンテナ２１は、観測領域ＡＲにおける大気の放射波（マイクロ波）を受信するように構成されている。アンテナ２１は、放射波を受信し、この放射波を受信部２２の後述するＬＮＡ２４へ出力する。

[0036] アンテナ２１は、観測点Ｐ１における鉛直軸Ｌ１回りを回転しつつ、観測点Ｐ１の周囲３６０度に対して放射波を受信する。なお、以下の説明では、鉛直軸Ｌ１回りの一の角度位置における放射波を受信する動作を「スイープ」という。また、放射波の受信を行いながらアンテナ２１を３６０°回転させる動作を、「スキャン」という。本実施形態では、気象レーダ装置１０のアンテナ１１によるアンテナ受信波の受信と、マイクロ波放射計２０のアンテナ２１による放射波の受信とは、同時に行われる。すなわち、気象レーダ装置１０による降水観測と、マイクロ波放射計２０による水蒸気観測とが同時に行われる。鉛直軸Ｌ１回りのアンテナ１１，２１の角度（受信角度）は、一致していることが好ましいけれども、一致していなくてもよい。

[0037] 受信部２２は、ＬＮＡ（Low Noise Amp）２４と、スペクトル分析部２５と、を有している。

[0038] ＬＮＡ２４は、放射波を増幅し、増幅した放射波をスペクトル分析部２５へ出力する。

[0039] スペクトル分析部２５は、周波数ｆと信号強度ａとの関係を示すスペクトルデータＳＤを生成する。スペクトルデータＳＤは、マイクロ波放射計２０で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルデータを含む。図５（Ａ）～図５（Ｃ）は、鉛直軸Ｌ１回りの角度位置のうち、一の角度位置における水蒸気スペクトルｓｖ、雲水スペクトルｓｌ、および、酸素スペクトルｓ

ｏの一例を示している。各スペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏは、横軸を周波数ｆ、縦軸を信号強度ａで示されるスペクトルである。スペクトルデータＳＤは、スペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏを特定するデータを含んでいる。なお、実際には、スペクトルデータＳＤは、各スペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏが合成されてなる合成スペクトルを示すデータであるが、説明の便宜上、図では３つのスペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏをそれぞれ独立して示している。

[0040] 図４（Ａ）および図５（Ａ）～図５（Ｃ）を参照して、水蒸気スペクトルｓｖは、マイクロ波放射計２０で観測された方向領域における水蒸気量の略総和に対応したスペクトルの強度を示しており、２２ＧＨｚ付近において信号強度が最大となるような右肩上がりの曲線となっている。水蒸気スペクトルｓｖは、雲水スペクトルｓｌに沿って右肩上がりとなる曲線である。

[0041] 雲水スペクトルｓｌは、マイクロ波放射計２０で観測された箇所における雲水量Ｌｗｃ（Liquid Water Contents）を示しており、右肩上がりの曲線となっている。雲水量は、単位体積の空気中に含まれる微水滴の量であり、降水領域では相対的に多くなり、晴天領域等の非降水領域では相対的に少なくなる。

[0042] 酸素スペクトルｓｏは、マイクロ波放射計２０で観測された方向領域における酸素量の総和に対応したスペクトルの強度を示しており、６０ＧＨｚ付近において信号強度が最大となるような山形形状の曲線となっている。

[0043] 図５（Ａ）では、観測領域ＡＲのうち降水領域ＡＲ１および多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３の何れも含まない領域における各スペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏ（スペクトルｓｖ１，ｓｌ１，ｓｏ１）の一例を示している。図５（Ｂ）では、観測領域ＡＲのうち、多湿領域ＡＲ３を含む領域における各スペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏ（スペクトルｓｖ２，ｓｌ２，ｓｏ２）の一例を示している。図５（Ｃ）では、観測領域ＡＲのうち、降水領域ＡＲ１および多湿領域ＡＲ２を含む領域における各スペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏ（スペクトルｓｖ３，ｓｌ３，ｓｏ３）の一例を示している。

[0044] 水蒸気スペクトルｓｖのピーク周波数２２ＧＨｚにおける雲水スペクトル

ｓｌ上での信号強度が、マイクロ波放射計２０で観測した箇所における雲水量Ｌｗｃに相当する。そして、雲水量Ｌｗｃと水蒸気スペクトルｓｖのピーク値ＰＥＡＫとの差分が、水蒸気量Ｖｃに相当する。水蒸気量Ｖｃとは、空気中に気体として包含されている水蒸気の量をいう。

[0045] 例えば、夏において所定の領域で急速に雨雲が発達して降雨が生じるとき、当該所定の領域を観測するマイクロ波放射計２０によって得られる雲水量Ｌｗｃおよび水蒸気量Ｖｃは、それぞれ、短時間で増加する。よって、雲水量Ｌｗｃおよび水蒸気量Ｖｃの変化を検出することで、ゲリラ豪雨の発生を予測することができる。

[0046] また、酸素スペクトルｓｏにおいて、各周波数帯での放射の強さに基づいて、逆問題を解くことで、観測点Ｐ１からの距離方向における温度分布（気温分布、酸素の温度分布に対応）を算出することが可能である。

[0047] 図１、図３、図４（Ａ）および図５（Ａ）～図５（Ｃ）を参照して、スペクトル分析部２５は、スペクトルデータＳＤを、信号処理部２３へ出力する。

[0048] 信号処理部２３は、スペクトルデータＳＤに所定の信号処理を施すことで、１スイープ毎の観測箇所におけるスペクトルｓｖ，ｓｌ，ｓｏに基づいて、水蒸気量Ｖｃ、雲水量Ｌｗｃ、および、温度分布を特定するデータとしての、放射計データＥＲを生成する。スペクトルデータＳＤおよび放射計データＥＲは、関連付け部３０へ出力される。

[0049] 関連付け部３０は、気象レーダ装置１０およびマイクロ波放射計２０と、無線または有線でデータ通信可能に接続されている。関連付け部３０は、観測点Ｐ１に設置されていてもよいし、観測点Ｐ１とは別の気象台等に設置されていてもよい。関連付け部３０は、気象レーダ装置１０で得られたエコーデータＥＤと、マイクロ波放射計２０で得られたスペクトルデータＳＤとを互いに関連付ける。

[0050] 関連付け部３０は、エコーデータ取得部３１と、スペクトルデータ取得部３２と、領域特定部３３と、エコーデータ抽出部３４と、スペクトル補正部

３５と、エコー補正部３６とを含む。スペクトルデータ取得部３２は、水蒸気スペクトルデータ取得部を含む。

[0051] 関連付け部３０は、ハードウェア・プロセッサ２９（例えば、ＣＰＵ、ＦＰＧＡ等）および不揮発性メモリ等のデバイスで構成されている。例えば、ＣＰＵが不揮発性メモリからプログラムを読み出して実行することにより、関連付け部３０を、エコーデータ取得部３１、スペクトルデータ取得部３２、領域特定部３３、エコーデータ抽出部３４、スペクトル補正部３５およびエコー補正部３６として機能させることができる。

[0052] 降水領域ＡＲ１および多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３の何れも含まない領域を観測して得られた雲水スペクトルｓｌ１と、多湿領域ＡＲ３を観測して得られた雲水スペクトルｓ２とは、同じグラフで示される。一方、降水領域ＡＲ１および多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３の何れも含まない領域を観測して得られた水蒸気スペクトルｓｖ１のピーク値ＰＥＡＫと比べて、多湿領域ＡＲ３を観測して得られた水蒸気スペクトルｓｖ２のピーク値は、大きい。

[0053] 降水領域ＡＲ１および多湿領域ＡＲ２を観測して得られた水蒸気スペクトルｓｖ３および雲水スペクトルｓｌ３は、多湿領域ＡＲ３を観測して得られた水蒸気スペクトルｓｖ２および雲水スペクトルｓｌ２と比べて、高い水蒸気量Ｖｃ３および雲水量Ｌｗｃ３を示している。一方で、実際には、前述したように、多湿領域ＡＲ２における水蒸気量および雲水量と、多湿領域ＡＲ３における対応する水蒸気量および雲水量は、同じである。

[0054] すなわち、水蒸気スペクトルｓｖ３および雲水スペクトルｓｌ３で示される水蒸気量Ｖｃ３と雲水量Ｌｗｃ３は、実際の水蒸気量および雲水量に対して誤差を生じている。このずれは、マイクロ波放射計２０のアンテナ２１に入射される放射波に、降水領域ＡＲ１における降水が原因の成分が混じっているからである。

[0055] 上述の説明から明らかなように、マイクロ波放射計２０の測定結果は、降水の影響を受け易く、雨天時に大気中の水蒸気量を正確に算出し難い。また、気象レーダ装置１０は、降水のエコーは検出可能であるけれども、大気中

の水蒸気を観測することが難しい。

[0056] そこで、関連付け部３０は、上述した、水蒸気量と雲水量の誤差を補正するために、エコーデータＥＤを用いてスペクトルデータＳＤを補正する。より具体的には、関連付け部３０は、エコーデータＥＤで特定される降水強度ＥＤＰを用いてスペクトルデータＳＤで特定される水蒸気量Ｖｃを補正する。関連付け部３０におけるスペクトルデータＳＤを補正する処理の一例は、後述する。

[0057] 関連付け部３０におけるエコー補正部３６は、エコーデータＥＤで特定されるエコー画像Ｅにおいて、多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３に相当する箇所に多湿領域であることを示すデータを追加する補正を行う。より具体的には、エコー補正部３６は、水蒸気スペクトルｓｖを特定する水蒸気スペクトルデータとエコーデータＥＤとを組み合わせることで、水蒸気量Ｖｃを特定するデータをエコーデータＥＤに追加する。エコー補正部３６におけるエコーデータ補足処理の一例は、後述する。

[0058] 次に、関連付け部３０の各ユニットによる処理の流れの一例を説明する。

[0059] 図６は、関連付け部３０におけるスペクトルデータ補正処理の一例を示すフローチャートである。なお、以下では、フローチャートを参照しながら説明するときは、フローチャート以外の図も適宜参照しながら説明する。

[0060] 関連付け部３０は、まず、１スイープ分のエコーデータＥＤとスペクトルデータＳＤとを読込む。より詳細には、エコーデータ取得部３１は、気象レーダ装置１０で検出されたエコーデータＥＤを取得する。スペクトルデータ取得部３２は、マイクロ波放射計２０で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤを取得する（ステップＳ１１）。次に、領域特定部３３は、エコーデータＥＤに基づいて、水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤを取得する領域を特定する。当該領域は、マイクロ波放射計２０を基準とした所定角度、すなわち１または複数スイープ分の所定角度の範囲の領域である。具体的には、領域特定部３３は、エコーデータＥＤで特定される領域中に降水領域（例えば降水領域ＡＲ１）

が存在しているか否かを判定する（ステップＳ１２）。

[0061] 降水領域が含まれていると判定された場合（ステップＳ１２でＹＥＳ）、エコーデータ抽出部３４は、降水領域ＡＲ１に存在するエコーデータＥＤを抽出する（ステップＳ１３）。そして、スペクトル補正部３５は、エコーデータ抽出部３４で抽出したエコーデータＥＤのエコー強度に基づいて、スペクトルデータＳＤを補正する（ステップＳ１４）。より詳細には、スペクトル補正部３５は、領域特定部３３により特定された上記領域における降水強度の略総和に応じて、水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤを補正する。たとえば、スペクトル補正部３５は、当該領域における降水強度の略総和に応じた値を、水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤのうち、少なくともピーク値から減算する。具体的には、図７に示すように、エコーデータＥＤで特定される、降水領域ＡＲ１の降水強度ＥＤＰから導かれる雲水量Ｌｗｃ１０に相当する値分、水蒸気スペクトルｓｖのピーク値ＰＥＡＫおよび当該ピーク値ＰＥＡＫにおける周波数での雲水スペクトルｓｌの信号強度がそれぞれ低下するように、水蒸気スペクトルｓｖおよび雲水スペクトルｓｌを補正する。これにより、補正後スペクトルｓｖ’，ｓｌ’を特定する補正後スペクトルデータＳＤ’が生成される。図７は、水蒸気スペクトルｓｖの補正イメージを示す模式図である。

[0062] 次に、スペクトル補正部３５は、スペクトルデータＳＤまたは補正後スペクトルデータＳＤ’で特定される水蒸気量Ｖｃおよび雲水量Ｌｗｃとなるように、放射計データＥＲで特定される水蒸気量Ｖｃおよび雲水量Ｌｗｃを更新することで、補正後放射計データＥＲ’を生成する（ステップＳ１５）。

[0063] 一方、ステップＳ１２で降水領域が含まれていないと判定された場合（ステップＳ１２でＮＯ）、スペクトル補正部３５は、スペクトルデータＳＤの補正は行わない。

[0064] スペクトル補正部３５は、上述の処理が行われた後のスペクトルデータＳＤまたは補正後スペクトルデータＳＤ’を、エコー補正部３６へ出力するとともに、放射計データＥＲまたは補正後放射計データＥＲ’を表示部４０へ出力

する（ステップＳ１６）。

[0065] 領域特定部３３は、上述のステップＳ１１～Ｓ１５の処理を、１スイープ分のデータ毎に繰返し行ってもよいし、１スキャン分のデータ毎に繰返し行ってもよい。本実施形態では、１スイープのデータについて、スペクトル補正部３５における処理の後、エコー補正部３６におけるエコーデータ処理が行われる。

[0066] 図８は、エコー補正部３６におけるエコーデータ補正処理の一例を示すフローチャートである。

[0067] エコー補正部３６は、まず、１スイープ分のエコーデータＥＤと、スペクトルデータＳＤまたは補正後スペクトルデータＳＤ’と、を読込む（ステップＳ２１）。

[0068] 次に、エコー補正部３６は、スペクトルデータＳＤまたは補正後スペクトルデータＳＤ’で特定される、観測点Ｐ１からの、距離方向（放射波受信方向）に沿った水蒸気量の分布を算出する（ステップＳ２２）。水蒸気量の分布は、スペクトルデータＳＤまたは補正後スペクトルデータＳＤ’で特定される水蒸気スペクトルｓｖ，ｓｖ’に関して、例えば、逆問題を解くことで算出できる。

[0069] 次に、エコー補正部３６は、エコーデータＥＤを補正することで、補正後エコーデータＥＤ’を生成する（ステップＳ２３）。より詳細には、エコー補正部３６は、エコーデータＥＤに基づいて気象レーダ装置１０の周囲の降水強度を示すエコー画像と、エコー画像のうち、領域特定部３３により特定された上記領域を示す箇所に、スペクトル補正部３５が補正した水蒸気スペクトルｓｖに基づく水蒸気発生エリア画像と、を生成する。具体的には、エコー補正部３６は、図９に示すように、補正後エコーデータＥＤ’で特定されるエコー画像Ｅ’において、水蒸気量に応じた信号強度のエコー像Ｅ２，Ｅ３が表示されるように、エコーデータＥＤを補正する。これにより、補正後エコー画像Ｅ’において、エコー画像Ｅには表示されていなかったエコー像としての、多湿領域ＡＲ２，ＡＲ３を示すエコー像Ｅ２，Ｅ３が表示される。図９

は、補正後エコー画像Ｅ’を示す模式的なエコー図である。

[0070] エコー補正部３６は、補正後エコーデータＥＤ’を表示部４０へ出力する（ステップＳ２４）。

[0071] エコー補正部３６は、上述のステップＳ２１～Ｓ２４の処理を、１スイープ分のデータ毎に繰返し行ってもよいし、１スキャン分のデータ毎に繰返し行ってもよい。

[0072] 表示部４０は、液晶ディスプレイ等の画像表示装置である。表示部４０は、与えられた補正後エコーデータＥＤ’および放射計データＥＲに基づいて画像表示を行う。この画像として、表示部４０の画面の一部に、補正後エコーデータＥＤ’で示される補正後エコー画像Ｅ’を示すとともに、表示部４０の一部に、放射計データＥＲで特定される水蒸気量等を数値で示す画像を例示できる。

[0073] 以上説明したように、本実施形態によると、エコーデータ取得部３１は、気象レーダ装置１０で検出されたエコーデータＥＤを取得する。水蒸気スペクトルデータ取得部は、マイクロ波放射計２０で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤを取得する。領域特定部３３は、水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤを取得する領域を特定する。エコーデータ抽出部３４は、当該領域に存在するエコーデータＥＤを抽出する。スペクトル補正部３５は、エコーデータ抽出部３４で抽出したエコーデータＥＤのエコー強度に基づいて、水蒸気スペクトルｓｖを含むスペクトルデータＳＤを補正する。この構成によると、水蒸気スペクトルデータで特定される水蒸気量Ｖｃが降水に起因して実際の水蒸気量よりも多くなるような誤差が生じても、この誤差を気象レーダ装置１０のエコーデータＥＤで補正できる。よって、マイクロ波放射計２０が大気中の水蒸気量を正確に測定することが困難な状況にあっても、マイクロ波放射計２０を用いた大気中の水蒸気量をより正確に測定できる。

[0074] また、本実施形態によると、スペクトル補正部３５は、エコーデータＥＤで特定される降水強度ＥＤＰを用いて、水蒸気スペクトルｓｖを補正する。

この構成によると、降雨によって雲水量が増すことに起因して生じる、水蒸気スペクトルｓｖ等で特定される水蒸気量及び雲水量の増加を、スペクトル補正部３５によってより正確に補正できる。

[0075] また、本実施形態によると、エコー補正部３６は、エコーデータＥＤに基づいて気象レーダ装置１０の周囲の降水強度を示すエコー画像と、エコー画像のうち当該領域を示す箇所に、スペクトル補正部３５が補正した水蒸気スペクトルｓｖに基づく水蒸気発生エリア画像と、を生成する。この構成によると、気象レーダ装置１０で検出することが困難な水蒸気量（エコー像Ｅ２，Ｅ３）について、エコー画像Ｅ’で示すことができる。これにより、エコー画像Ｅ’を見たユーザー等が、観測領域ＡＲの天候をより正確に把握することができる。

[0076] 以上、本発明の実施形態について説明したけれども、本発明は上述の実施の形態に限られない。本発明は、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々な変更が可能である。

産業上の利用可能性

[0077] 本発明は、気象観測装置、気象観測システム、および、気象観測方法として、広く適用することができる。

符号の説明

[0078] １　気象観測システム

１０　気象レーダ装置

１３　送信部

１４　受信部

２０　マイクロ波放射計

２２　受信部

３０　関連付け部（気象観測装置）

３１　エコーデータ取得部

３２　スペクトルデータ取得部

３３　領域特定部

３４　エコーデータ抽出部

３５　スペクトル補正部

３６　エコー補正部

ａ　信号強度

ＥＤ　エコーデータ

ＥＤＰ　降水強度

ｆ　周波数

Ｌｗｃ　雲水量

ＳＤ　スペクトルデータ

Ｖｃ　水蒸気量

請求の範囲

[請求項1] 気象レーダ装置で検出されたエコーデータを取得するエコーデータ取得部と、

マイクロ波放射計で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルデータを取得する

水蒸気スペクトルデータ取得部と、

前記水蒸気スペクトルデータを取得する領域を特定する領域特定部と、

前記領域に存在するエコーデータを抽出するエコーデータ抽出部と、

前記エコーデータ抽出部で抽出した前記エコーデータのエコー強度に基づいて、前記水蒸気スペクトルデータを補正するスペクトル補正部と、

を備えることを特徴とする気象観測装置。

[請求項2] 請求項１に記載の気象観測装置であって、

前記スペクトル補正部は、前記エコーデータで特定される降水強度を用いて前記水蒸気スペクトルデータを補正することを特徴とする、気象観測装置。

[請求項3] 請求項２に記載の気象観測装置であって、

前記スペクトル補正部は、前記領域における降水強度の略総和に応じて、前記水蒸気スペクトルデータを補正することを特徴とする気象観測装置。

[請求項4] 請求項３に記載の気象観測装置であって、

前記スペクトル補正部は、当該領域における降水強度の略総和に応じた値を、前記水蒸気スペクトルデータのうち、少なくともピーク値から減算することを特徴とする気象観測装置。

[請求項5] 請求項１乃至４の何れか一項に記載の気象観測装置であって、

前記領域は、前記マイクロ波放射計を基準とした所定角度の範囲の

領域であることを特徴とする気象観測装置。

[請求項6] 請求項２乃至５の何れかに記載の気象観測装置であって、

前記エコーデータに基づいて前記気象レーダ装置の周囲の降水強度を示すエコー画像と、前記エコー画像のうち前記領域を示す箇所に、前記スペクトル補正部が補正した前記水蒸気スペクトルデータに基づく水蒸気発生エリア画像と、を生成することを特徴とする気象観測装置。

[請求項7] 電磁波を送受信することで自装置の周囲の少なくとも降水強度を含む気象状況を観測する気象レーダ装置と、

大気中に含まれる水蒸気から放射される水蒸気のスペクトルデータを受信することで水蒸気量を検出するマイクロ波放射計と、

請求項１乃至請求項６の何れか１項に記載の気象観測装置と、

を備えていることを特徴とする、気象観測システム。

[請求項8] 気象レーダ装置で検出されたエコーデータを取得し、

マイクロ波放射計で検出された水蒸気量を特定する水蒸気スペクトルデータを取得し、

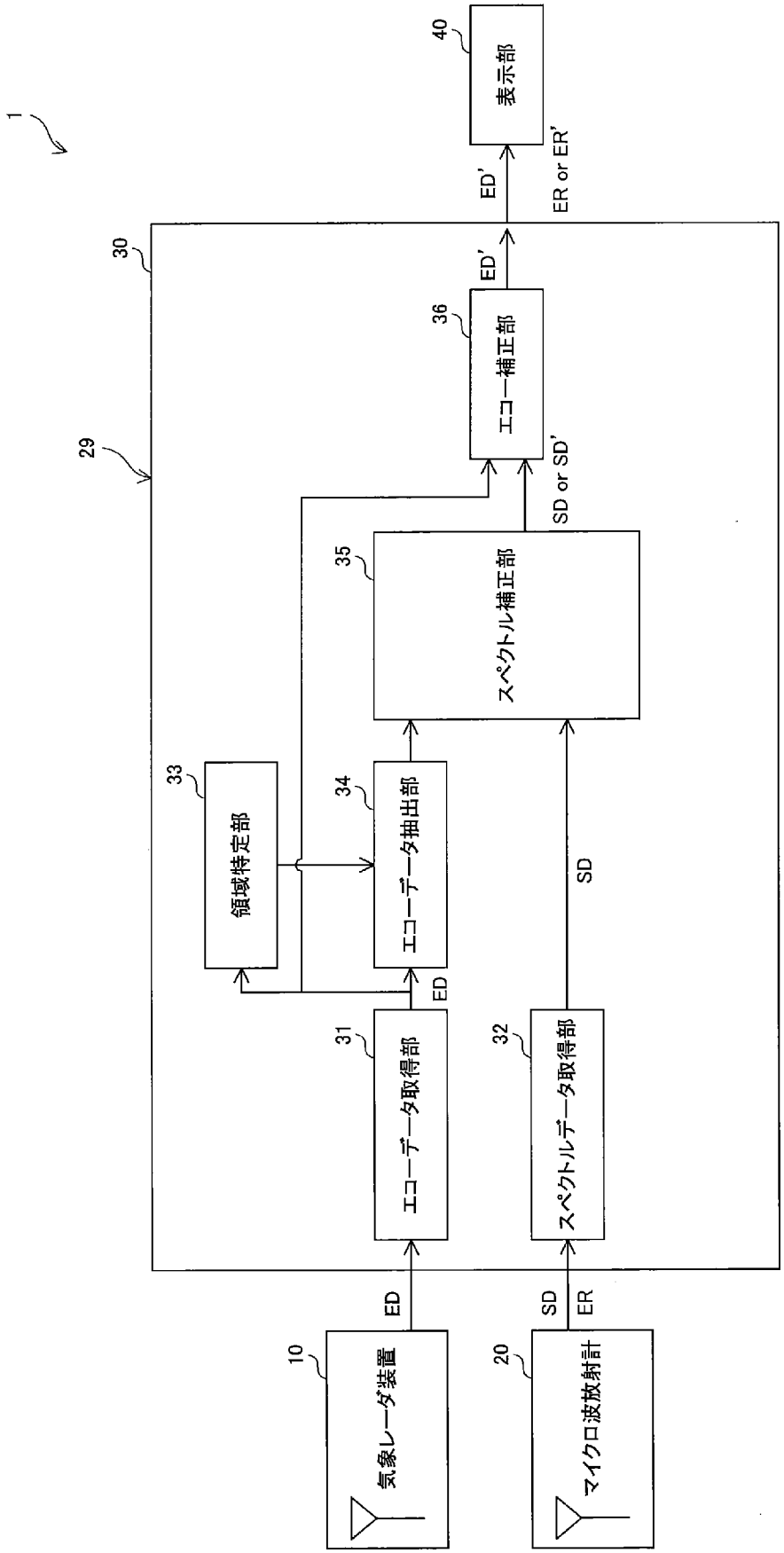
前記水蒸気スペクトルデータを取得する領域を特定し、

前記領域に存在するエコーデータを抽出し、

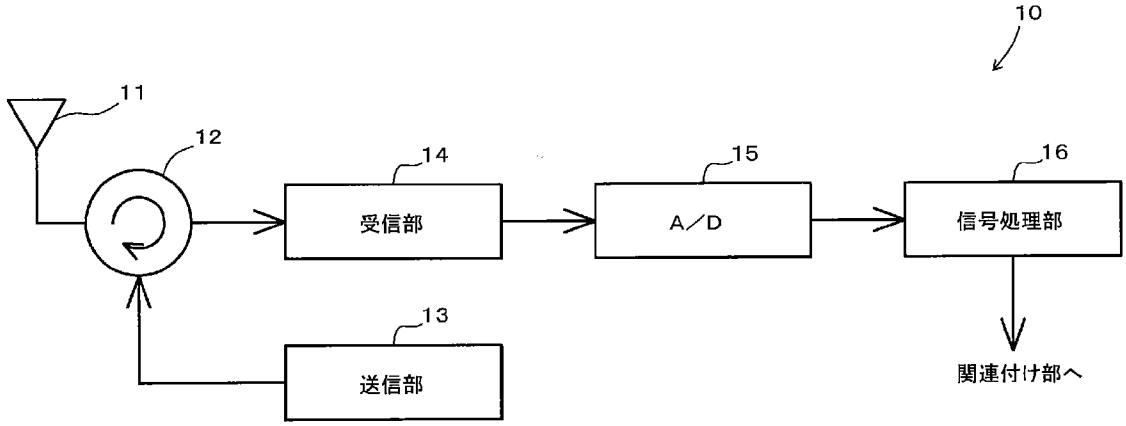
抽出した前記エコーデータのエコー強度に基づいて、前記水蒸気スペクトルデータを補正する

ことを特徴とする気象観測方法。

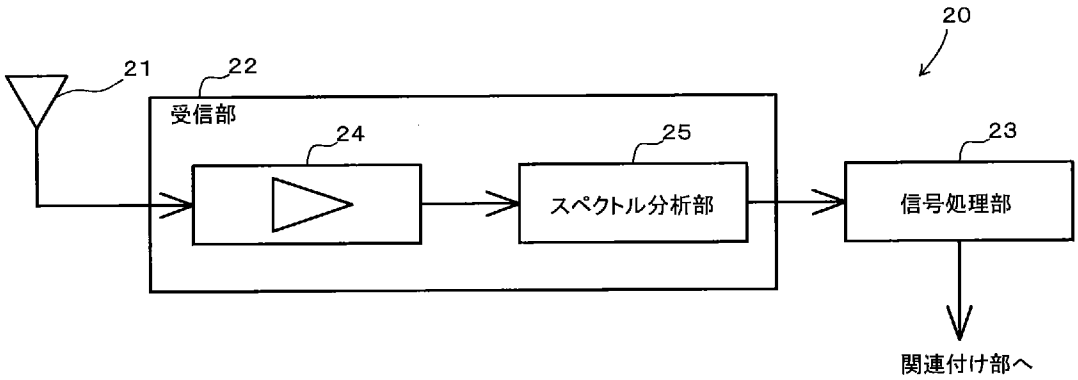
[図1]


1
40
表示部
ED'
ER or ER'
30
29
36
エコー補正部
ED'
SD or SD'
35
スペクトル補正部
33
領域特定部
34
エコーデータ抽出部
SD
ED
31
エコーデータ取得部
32
スペクトルデータ取得部
ED
SD
ER
10
気象レーダ装置
20
マイクロ波放射計

[図2]

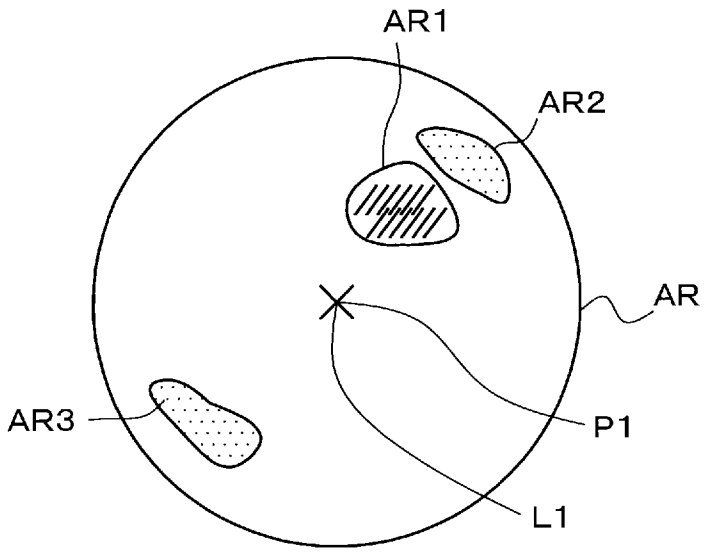

10
11
12
14
15
16
受信部
A／D
信号処理部
13
送信部
関連付け部へ

[図3]


20
21
22
受信部
24
25
23
スペクトル分析部
信号処理部
関連付け部へ

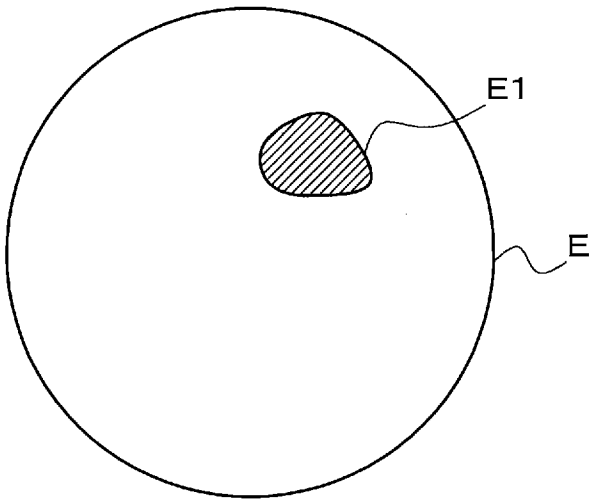
[図4]

(A)



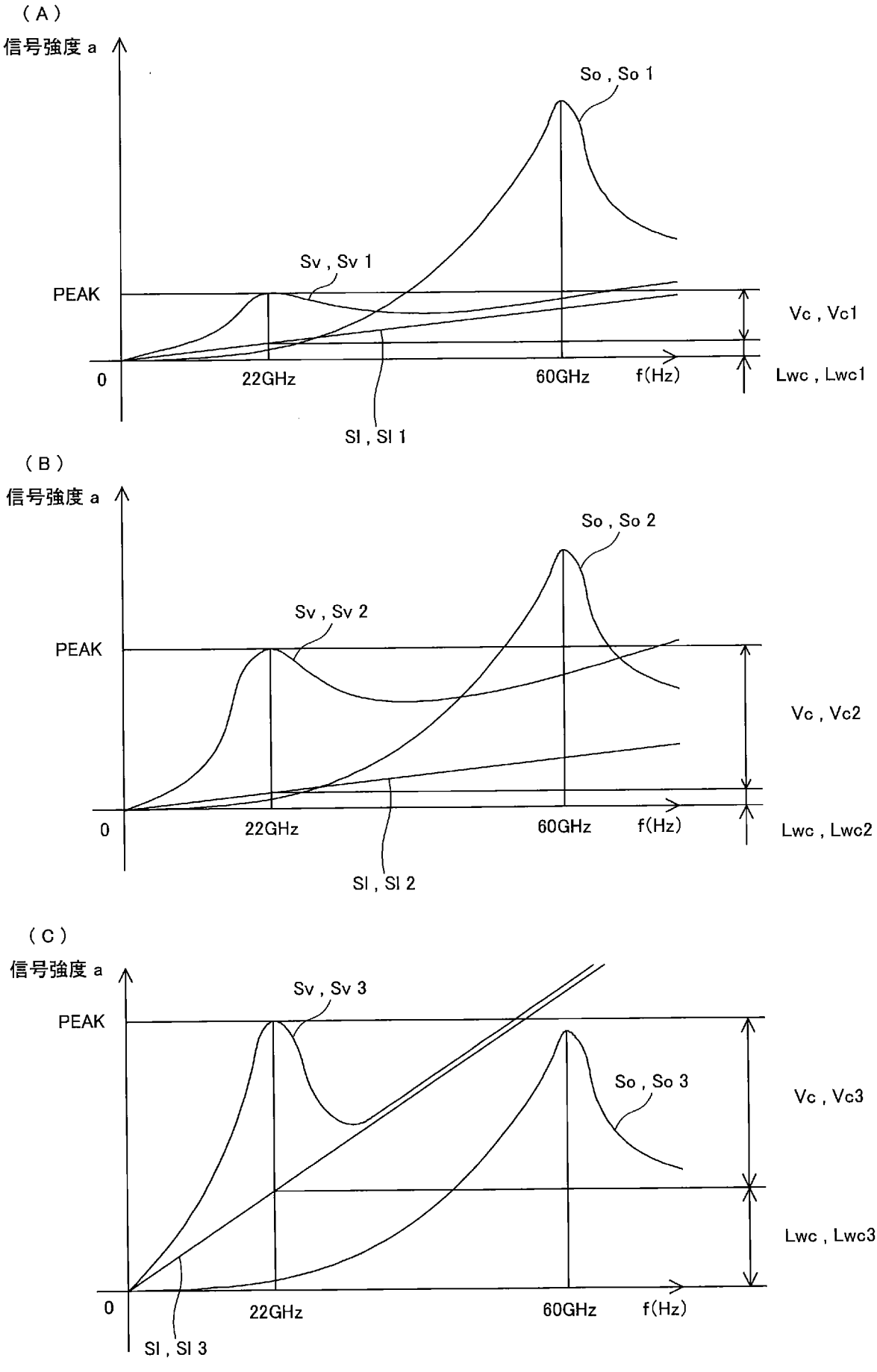
観測領域の気象

(B)

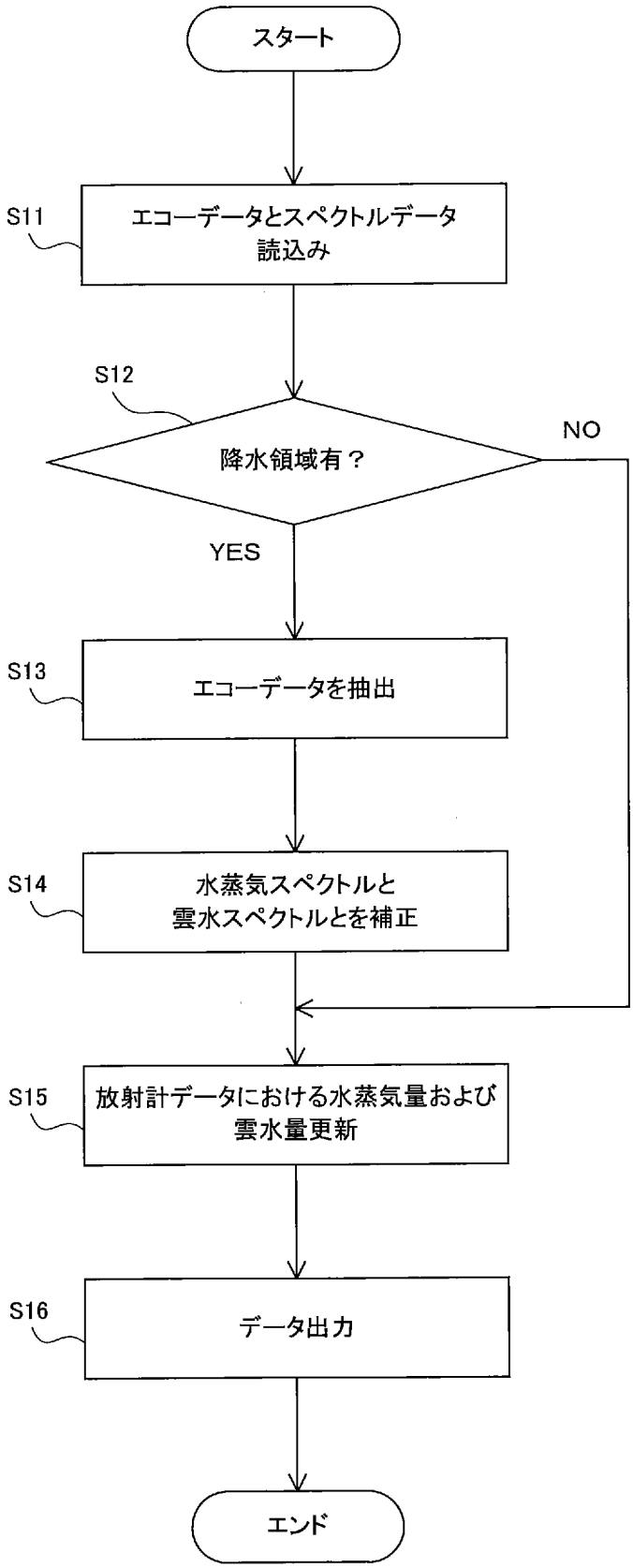


気象レーダー装置で得られたエコー画像

[図5]

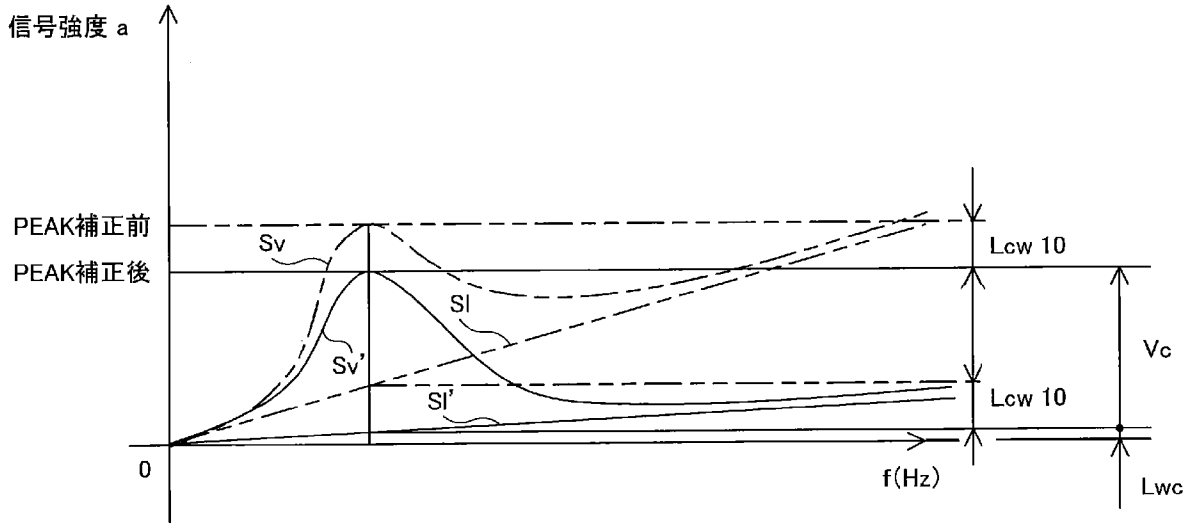

（A）
信号強度 a
So , So 1
Sv , Sv 1
PEAK
Vc , Vc1
Lwc , Lwc1
0
22GHz
60GHz
f(Hz)
Sl , Sl 1
（B）
信号強度 a
So , So 2
Sv , Sv 2
PEAK
Vc , Vc2
Lwc , Lwc2
0
22GHz
60GHz
f(Hz)
Sl , Sl 2
（C）
信号強度 a
Sv , Sv 3
PEAK
So , So 3
Vc , Vc3
Lwc , Lwc3
0
22GHz
60GHz
f(Hz)
Sl , Sl 3

[図6]

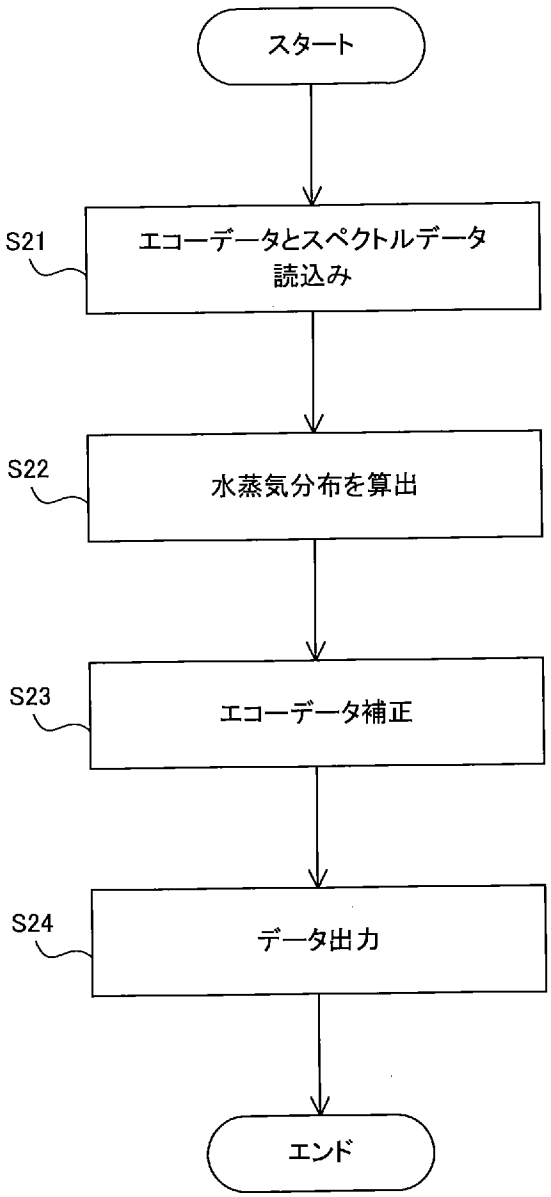


関連付け部におけるスペクトルデータ補正処理の一例

[図7]

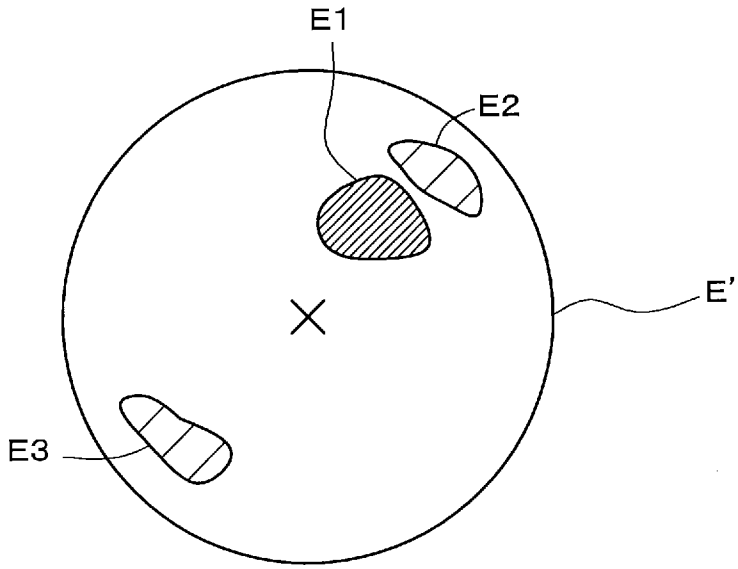


[図8]



エコー補正部におけるエコー補正処理の一例

[図9]



補正後エコー画像

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/009544

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01W 1/00(2006.01)i; ***G01J 1/42***(2006.01)i; ***G01N 21/3504***(2014.01)i
FI: G01W1/00 C; G01N21/3504; G01J1/42 B

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)

G01W1/00-1/18; G01J1/42; G01N21/3504

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
Y	WO 2020/166232 A1 (FURUNO ELECTRIC COMPANY, LIMITED) 20 August 2020 (2020-08-20) paragraphs [0004], [0013]-[0028], fig. 1-4	1-3, 5-8
Y	WO 2016/181694 A1 (FURUNO ELECTRIC COMPANY, LIMITED) 17 November 2016 (2016-11-17) paragraphs [0020]-[0031], fig. 1-3	1-3, 5-8
Y	JP 6739126 B1 (JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY) 12 August 2020 (2020-08-12) paragraph [0112], fig. 18	6-7
A	WO 2020/075430 A1 (FURUNO ELECTRIC COMPANY, LIMITED) 16 April 2020 (2020-04-16) entire text, all drawings	1-8
A	CN 111965666 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 20 November 2020 (2020-11-20) entire text, all drawings	1-8

☑ 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	Date of mailing of the international search report
22 April 2022	**17 May 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/009544

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	谷口悠司, 山梨正人, "マイクロ波放射計データ処理方法の開発", MSS技竟, 30 March 2018, vol. 28:技術論文5, pages 1-10, (TANIGUCHI, Yuji, YAMANASHI, Masato. The development on the technique to process the data of microwave radiometer. MSS Technical Review.), non-official translation (Technical paper.) entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/009544

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2020/166232 A1	20 August 2020	US 2021/0333435 A1 paragraphs [0005], [0022]-[0037], fig. 1-8	
WO 2016/181694 A1	17 November 2016	(Family: none)	
JP 6739126 B1	12 August 2020	(Family: none)	
WO 2020/075430 A1	16 April 2020	(Family: none)	
CN 111965666 A	20 November 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/009544

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01W 1/00(2006.01)i; G01J 1/42(2006.01)i; G01N 21/3504(2014.01)i
FI: G01W1/00 C; G01N21/3504; G01J1/42 B

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））

G01W1/00-1/18; G01J1/42; G01N21/3504

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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
Y	WO 2020/166232 A1 (古野電気株式会社) 20.08.2020 (2020-08-20) 段落０００４、段落００１３－段落００２８、図１－図４	1-3,5-8
Y	WO 2016/181694 A1 (古野電気株式会社) 17.11.2016 (2016-11-17) 段落００２０－段落００３１、図１－図３	1-3,5-8
Y	JP 6739126 B1 (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構) 12.08.2020 (2020-08-12) 段落０１１２、図１８	6-7
A	WO 2020/075430 A1 (古野電気株式会社) 16.04.2020 (2020-04-16) 全文、全図	1-8
A	CN 111965666 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 20.11.2020 (2020-11-20) 全文、全図	1-8
A	谷口悠司、山梨正人，“マイクロ波放射計データ処理方法の開発”，ＭＳＳ技報，2018.03.30，Vol.28：技術論文５，pp.1-10 全文、全図	1-8

☐ 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
“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	国際調査報告の発送日
22.04.2022	17.05.2022

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）
山口　剛 2J 9806
電話番号 03-3581-1101 内線 3250

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/JP2022/009544

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/166232 A1	20.08.2020	US 2021/0333435 A1 [0005],[0022]-[0037], Fig.1-Fig.8	
WO 2016/181694 A1	17.11.2016	（ファミリーなし）	
JP 6739126 B1	12.08.2020	（ファミリーなし）	
WO 2020/075430 A1	16.04.2020	（ファミリーなし）	
CN 111965666 A	20.11.2020	（ファミリーなし）	